

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“ КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”**

**Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних
виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ**

**освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»
з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування**

**спеціалізація: Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування
обладнання хімічних і нафто-переробних виробництв**

**на тему: Розроблення сепаратору і випарного апарату для
модернізації установки виробництва гліцерину хлорним методом**

Київ – 2019

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХНВ
_____ Я.М.Корнієнко
(підпис)

“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

спеціалізація: Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

**на тему: Розроблення сепаратору і випарного апарату для модернізації
установки виробництва гліцерину хлорним методом**

Виконав студент 6-го курсу, групи ЛН-81мп

Пінчук Владислав Володимирович

(підпис)

Керівник дисертації канд. техн. наук, ст. викл. Я.Г. Двойнос

(підпис)

Консультанти:

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун

(підпис)

розробка стартап-проекту

канд. економ. наук, доц. Н.В. Юдіна

(підпис)

технологія виготовлення деталі «трубна решітка»

канд. техн. наук, ст. викл. Я.Г. Двойнос

(підпис)

автоматичний контроль і керування процесом

канд. техн. наук, доцент А.Ю. Сазонов

(підпис)

Рецензент

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітній ступінь: магістр

Напрямок підготовки: 13 – Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

Спеціалізація: Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування
обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я. М. Корнієнко

“__” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Пінчуку Владиславу Володимировичу

1. Тема проекту: Розроблення сепаратору і випарного апарату для модернізації установки виробництва гліцерину хлорним методом.

Керівник проекту кандидат технічних наук, старший викладач Двойнос Я.Г.

Затверджена наказом по університету від “__” _____ 20__ р.

№ _____

2. Термін подання студентом проекту: 01 грудня 2019р.

3. Вихідні дані до проекту: продуктивність установки по гліцерину – $G_{\text{гл}}=2,75$ кг/с, температура суміші гліцерину з водою після реактору – 448К, масова доля гліцерину у суміші – 0,25 тиск після дроселю та у сепараторі і випарному кубі – 0,24 МПа. Теплові витрати у навколишнє середовище 0,5% теплової потужності випарного апарата.

4. Зміст пояснювальної записки:

а) основна частина розглянути існуючі конструкції випарних кубів та сепаратору, схем виробництва гліцерину, обґрунтувати вибір конструкцій апаратів; проаналізувати обрані конструкції в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій: параметричний, конструктивний та гідравлічний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апаратів; виконати складальні креслення випарного кубу, трубного пучка, сепаратору.

б) економічна частина: обґрунтувати модернізацію установки та оцінити її ефективність;

в) охорона праці: провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з експлуатацією випарного кубу, запропонувати заходи щодо обмеження їх дії, виконати відповідні розрахунки, викласти основні правила безпечної експлуатації установки та дій обслуговуючого персоналу у надзвичайних ситуаціях;

г) частина автоматичного керування: скласти та обґрунтувати схему автоматизованого керування випарного кубу та сепаратору; скласти специфікацію приладів, що комплектують схему;

д) технологія машинобудування: розробити маршрутні карти виготовлення трубної решітки, виконати розрахунки режимів різання, розробити пристрій для свердління.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема установки – А1, кресленик складальний випарного апарату – А0, кресленик складальний кришки випарного апарату, кресленик складальний сепаратора – А1, кришка сепаратору – А2, схема автоматичного керування – А1, кондуктор для свердління трубної решітки – А1, трубна решітка випарного апарату ілюстрація – А2 технічної ідеї патенту – А3, ілюстрація до розділу охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях – А3, математична модель та результати експериментів – 2хА1.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Ковтун І. М.		
Розроблення стартап проекту	Юдіна Н.В.		
Технологія виготовлення кришки підшипника вальців	Двойнос Я. Г.		
Автоматичний контроль і керування процесом	Сазонов А. Ю.		

7. Дата видачі завдання: 05 вересня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	2	3	4
1	Переддипломна практика. Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Добір матеріалів. Складання звіту з практики. Виконано складальні креслення: випарного апарату – А0, сепаратора – А1.	01.09.2019	
2	Патентне дослідження. Формування ідеї модернізації. Обґрунтування економічної доцільності нової машини.	15.09.2019	
3	Обґрунтування актуальності проекту. Опис установки. Схема установки. Вибір та опис випарного апарату, сепаратора. Технічна характеристика апаратів.	20.09.2019	
4	Параметричні розрахунки: визначення основних розмірів апаратів. Розрахунок товщини стінок апаратів.	10.10.2019	
5	Розробка складальних креслень апаратів та їх складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апаратів.	19.10.2019	
6	Розрахунки на міцність. Розробка супроводжуючих документів. Виконання схем.	05.11.2019	
7	Консультації відповідно до графіку з питань охорони праці, економіки, технології машинобудування, автоматизації, автоматизації процесу.	10.11.2019	
8	Уточнення графічної частини проекту та специфікації	15.11.2019	
9	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформлення. Підготовка до захисту. Складання плану викладення доповіді, окремих питань.	20.11.2019	
10	Попередній захист проекту.	02.12.2019	

1	2	3	4
11	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відгуку. Підготовка до захисту.	09.12.2019	

Студент
(підпис)

_____ В. В. Пінчук

Керівник дипломного проекту
(підпис)

_____ Я. Г. Двойнос

РЕФЕРАТ

УДК 678.5

Магістерська дисертація на тему «Розроблення сепаратору і випарного апарату для модернізації установки виробництва гліцерину хлорним методом» / КПІ ім.Ігоря Сікорського; Керівник Я.Г.Двойнос. – К., 2019. – 198 с.Виконав –В.В.Пінчук. – Бібліогр.: с. 133.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновків і списку посилань з 35 найменувань. Загальний обсяг записки становить 198 сторінок, з них 133 сторінок основного тексту, 47 рисунків, 50 таблиць.

Мета магістерської дисертації – проектування випарного апарата, сепаратора для схеми виробництва гліцерину хлорним методом.

Записка містить опис технологічного процесу, вибір типу випарного апарату і сепаратора, їх місце в технологічній схемі, технічну характеристику апаратів, обґрунтування вибору конструкцій апаратів, що проектуються і принцип дії їх основних складальних одиниць та деталей, порівняння основних показників розробленої конструкції апаратів з аналогами, патентне дослідження конструкцій апаратів. Наведено заходи, щодо охорони праці, рекомендації з монтажу та експлуатації. Проведено модернізацію установки та розроблено стартап проект.

Проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій випарного апарату та сепаратора. Визначено рівень стандартизації та уніфікації. Розроблено автоматичну схему керуванням процесом.

ВИПАРЮВАННЯ, СЕПАРАТОР, ГЛІЦЕРИН, РОЗДІЛЕННЯ, ОБИЧАЙКА, ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ, ЛАМІНАРНИЙ РЕЖИМ.

РЕФЕРАТ

УДК 678.5

Магистерская диссертация на тему «Разработка сепаратора и испарительного аппарата для модернизации установки производства глицерина хлорным методом» / КПИ им.Игоря Сикорского; Руководитель Я.Г.Двойнос. - М., 2019. - 198 с.: Ил. - испол. В.В.Пинчук. - Библиогр. : с. 133.

Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав, заключения и списка ссылок с 35 наименований. Общий объем записки составляет 198 страниц, с них 133 страниц основного текста, 47 рисунков, 50 таблиц.

Цель магистерской диссертации - проектирование испарительного аппарата, сепаратора для схемы производства глицерина хлорной методом.

Записка содержит описание технологического процесса, выбор типувипарного аппарата исепаратора, их место в технологической схеме, техническую характеристику аппаратов, обоснование выбора конструкций аппаратов, проектируемых и принцип действия их основных сборочных единиц и деталей, сравнение основных показателей разработанной конструкции аппаратов с аналогами, патентное исследование конструкций аппаратов. Приведены мероприятия по охране труда, рекомендации по монтажу и эксплуатации. Проведена модернизация установки и разработано стартап проект.

Проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций испарительного аппарата и сепаратора. Определен уровень стандартизации и унификации. Разработанная автоматическая схема управления процессом.

ВЫПАРИВАНИЯ, СЕПАРАТОРЫ, ГЛИЦЕРИН, РАЗДЕЛЕНИЕ, ОБЕЧАЙКИ, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ, ЛАМИНАРНОМ РЕЖИМЕ

ABSTRACT

UDC 678.5

The Master's thesis on the topic «Development of separator and evaporator for modernization of installation of glycerol production by chlorine method» / Igor Sikorsky KPI; The thesis supervisor—Y. H.Dvoynos. - K., 2019. - 198p. —The developer — V. V.Pinchuk. —Bibliogr.: p.133.

The explanatory note consists of an introduction, eight chapters, conclusions and references of 35 items. The total amount of the note is 198 pages, 133 pages of the main text, 47 figures, 50 tables.

The aim of the master's thesis is the design of the evaporator and separator of the technological scheme of production of glycerol by chlorine method.

The note contains a description of the technological process, the choice of type of the evaporator and separator, their place in the technological scheme, the technical characteristics of the apparatus, the justification for the choice of designs of the designed devices and the principle of operation of their basic assembly units and parts, comparison of the main indicators of the designed device design with analogues, patent research of apparatus designs. Measures on labor protection, recommendations on installation and operation are given. The installation was modernized and the startup project was developed.

The calculations that confirm the efficiency and reliability of the designs of the evaporator and the separator are developed. The level of standardization and unification is determined. An automatic process control scheme is developed.

VAPORATION, SEPARATOR, GLYCERINE, DISTRIBUTION,
HABITATION, TEMPERATURE MODE, LAMINAR MODE.

Зміст

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	12
Вступ.....	13
1 Призначення область використання установки	14
1.1 Опис технологічного процесу	14
1.2 Вибір типу апарата і його місце в технологічній схемі	15
2 Технічна характеристика	17
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апарата	18
3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей апарата	18
3.2 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами	20
3.3 Вибір матеріалів	23
3.4 Патентне дослідження	23
4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції.....	37
4.1 Визначення основних геометричних розмірів випарного апарата	37
4.2 Конструктивний розрахунок	48
4.3 Розрахунок товщини циліндричної обичайки навантаженої зовнішнім тиском	50
4.4 Розрахунок еліптичного днища	53
4.5 Розрахунок фланцевого з'єднання	55
4.7 Розрахунок несучої спроможності вертикальних циліндричних обичайок від дії реакції опорних лап	62
4.8 Розрахунок товщини теплової ізоляції	68
4.9 Розрахунок сепаратору	70
4.10 Розрахунок товщини циліндричної обичайки навантаженої внутрішнім тиском	77
4.11 Розрахунок конічного днища	79

					ЛН81мп.65111.000ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	Розроблення сепаратору і випарного апарату для модернізації установки виробництва гліцерину	Літ.	Арк.	Акрцвів
Розробив		Пінчук В.В.						
Перевірив		Двойнас Я.Г.					10	198
						КПІ імені Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ		
Н. Контр.								
Затвердив								

5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	84
5. 1Повітря робочої зони	85
5. 2 Враження електричним струмом.....	86
5. 3 Вплив високих температур.....	89
5. 4 Виробничий шум.....	90
5. 5 Пожежна безпека при надзвичайних ситуаціях	91
6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апарата	96
7 Рівень стандартизації та уніфікації	99
8. Розроблення стартап проекту.....	101
8.1. Опис ідеї проекту	101
8.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	104
8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	106
8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	116
8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	119
Висновки	127
Conclusions	129
Перелік посилань.....	130
Додаток А Технологія виготовлення основиматриці.....	134
Додаток Б Автоматичний контроль і керування процесом	151
Додаток В Документація до патентного дослідження	160
Додаток Г Комп'ютерний розрахунок	171
Додаток Д Патенти, які використані в патентному дослідженні	175
Додаток Е Публікації автора.....	187

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів

Умовні позначення:

D – діаметр апарата, м;

S – товщина стінки апарата, м;

G – продуктивність по готовому продукту, кг/год;

$d_{\text{екв}}$ – еквівалентний діаметр гранул поліетилену, м;

m – маса апарата, кг;

$r_{\text{в}}$ – питома теплота пароутворення води, Дж/кг;

$c_{\text{п}}$ – питома теплоємність поліетилену, Дж/(кг·К);

$L_{\text{п}}$ – масові витрати повітря, кг/с;

$\omega_{\text{п}}$ – швидкість руху повітря, м/с;

$\rho_{\text{п}}$ – густина поліетилену, кг/м³;

$\rho_{\text{н}}$ – густина насипу, кг/м³;

$[\sigma]$ – допустиме напруження матеріалу апарата, МПа;

φ – коефіцієнт міцності зварного шва;

$n_{\text{т}}$ – коефіцієнт запасу міцності по межі текучості;

Q – теплові витрати, Вт;

V – об'єм, м³;

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Гліцерин широко використовується в косметологічних засобах, має широке застосування у харчовій та фармацевтичній промисловості. Тому розроблення установки для виробництва гліцерину хлорним методом, що відповідає сучасним вимогам, є важливою задачею.

Метою даної роботи є «Розроблення сепаратору і випарного апарату для модернізації установки виробництва гліцерину хлорним методом». Відцентровий сепаратор в даній технологічній схемі розділяє суміш гліцерину з водою. Випарний апарат в даній технологічній схемі служить для остаточного випарювання води і виділення гліцерину. Використання даних апаратів дає ряд переваг: збільшення концентрації гліцерину в суміші на початковому етапі, що дозволяє зменшити енерговитрат, економія води, зменшення габаритів апарату сепарації. Тому робота є актуальною.

В роботі необхідно описати конструкцію відцентрового сепаратора, випарного апарату, їх складальних одиниць та деталей, вибрати матеріали для виготовлення апаратів. Порівняти основні показники розроблених конструкцій з аналогами, провести патентні дослідження, навести заходи по охороні праці. Виконати обґрунтувати економічну доцільність модернізації. Провести параметричні розрахунки апаратів та розрахунки на міцність основних деталей та вузлів. Виконати креслення технологічної схеми, складальні креслення апаратів та їх вузлів.

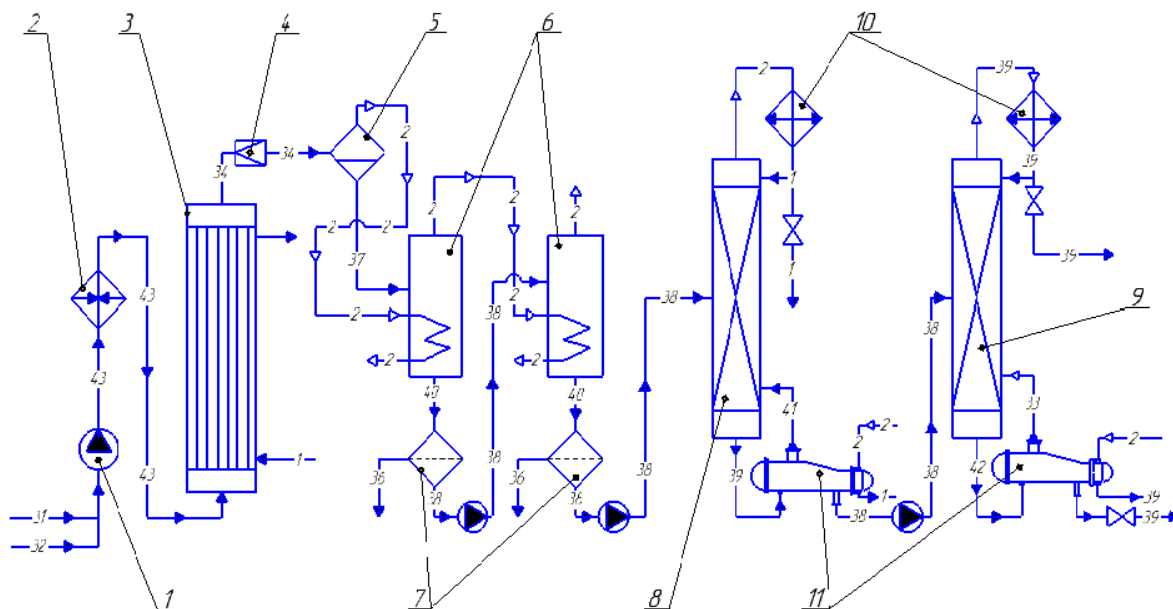
Завдання виданно 5 вересня 2019 року.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Призначення область використання установки

1.1 Опис технологічного процесу

Схема установки зображена на рисунку 1.1 [1]



1 – насос; 2 – підігрівач; 3 – реактор; 4 – дросельний вентиль; 5 – сепаратор;

6 – випарні куби; 7 – фільтри; 8 – колона відгону води; 9 – колона відділення важкої фракції; 10 – конденсатор-дефлегматор; 11 – кип'ятильник.

Рисунок 1.1 – Технологічна схема процесу виготовлення гліцерину

Na_2CO_3 та вода яка поступає до мішалці 12, суміш Na_2CO_3 з водою та епіхлоргідрин перемішується в насосі 1 депідвіжується тиск до 0,2 – 0,24 Мпа за тим суміш заходить до реактор 3. Після чого відбувається синтез гліцерину та простих ефірів.

Суміш після реакції подають дроселюванню в клапані 4, яка набуває атмосферного тиску, сепаратор 5 відділяє від рідкої фази газопарову (воднево-гліцерини й розчин, ефіри, NaCl та Na_2CO_3 , які не прореагували). Зважаючи на

різність летючості гліцерину та води найбільша частина води відділяють з суміші шляхом випаровування.

Після сепаратору рідина надходить до випарного апарату 6 в якому відділяється основна маса води у вигляді водяної пари яку далі направляють на потреби виробництва. Після випарного апарату 6 розчин направляють через фільтр 7 на якому з розчину відводять NaCl. Після фільтру 7 водяний розчин направляють у колону відгону води 8.

З колони 8 водяна пара проходить через холодильник 10 в якому вона конденсується та частково повертається в колону 8. Гліцерин потрапляє у кип'ятильник з малою кількістю розчиненої води 11 де суміш підвищує свою температуру водяною парою яка була одержана з теплоносія в холодильнику 10 пропустивши пару крізь сепаратор 14 та паровий компресор 13 потім пара відправляється до кип'ятильник 11 водяна пара конденсується проходження процесу теплообміну після чого відправляється до холодильник 10.

Пари гліцерину що утворюються в кип'ятильнику 11 направляємо в колону відгону води 8 а концентрований розчин води та гліцерину направляємо на колону відгону важкої фракції 9. Пари гліцерину що утворюються у колоні 9 направляємо на холодильник 10 після якого частина гліцерину що сконденсувалась повертається в колону 9 а інша частина направляється на продаж. Важку фракцію що утворюється в колоні 9 направляють в кип'ятильник 11 піддають підігріванню за рахунок насиченої водяні пари. Утворені в кип'ятильнику 11 пари важкої фракції відправляють до колону 9, де одержують готовим продуктом, гліцерин.

1.2 Вибір типу апарата і його місце в технологічній схемі

Випарні апарати використовуються для концентрації водних розчинів у виробництві гліцерину, органічних продуктів і добрив та інших продуктів. Тип

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

апарату вибирають в залежності від конкретних властивостей розчину і області його використання.

Випарні апарати зспіввісною гріючою камерою та з природною циркуляцією, використовують для випарювання розчинів, які виділяють кристали і утворюють на нагрівальній поверхні осад, який легко видаляється при промивці. З винесеною зовнішньою камерою та зоною кипіння найкраще підходять для розчинів, які при випаровуванні утворюють стійкий осад, який видаляється механічним шляхом. Випарні апарати, де процес кипіння суміші проходить в трубах, навпаки є доцільні для використання процесу випаровування, і вони майже не лишають осаду.

З штучною циркуляцією також існують апарати, в зазвичай такі апарати використовують для випаровування в'язких розчинів. Суміш яка піддається випаровуванню прямує по стінках таких апаратів і має більшою швидкістю, що надає більший коефіцієнт тепловіддачі. Недоліком є додаткова витрата енергії на роботу циркуляційного насоса, та ускладнення конструкції апарату.

Оскільки воднево-гліцеринова суміш має не високу в'язкість, та при своїй концентрації не утворює стійких кристалів, доцільно буде використовувати випарний апарат з природною циркуляцією, співвісною гріючою камерою та виносною циркуляційною трубою, задля підвищення циркуляції.

У сепараторі відбувається розділення газорідної суміші гліцерин з водою, В сепаратор встановлено перфоровану обичайку, для нукнення відригу плівки з поферні сепаратора. Апарат обрано циклонного типу.

Приймаємо апарат даного типу, оскільки він має такі переваги:

- 1) можливість роботи при високих тисках;
- 2) більша компактність;
- 3) більша продуктивність.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Технічна характеристика

Технічна характеристика випарного апарата :

температура в апараті, К	533;
тиск в апараті, МПа	0,24;
масова витрата на вході в папарат, кг/с	6,11;
масова витрата гліцерину на виході з апарату , кг/с	2,75;
Габаритні розміри	
висота, м	18,540;
довжина, м	4,220;
ширина, м	5,845;
мага сухого апарата, кг	48500.

Технічна характеристика сепаратора

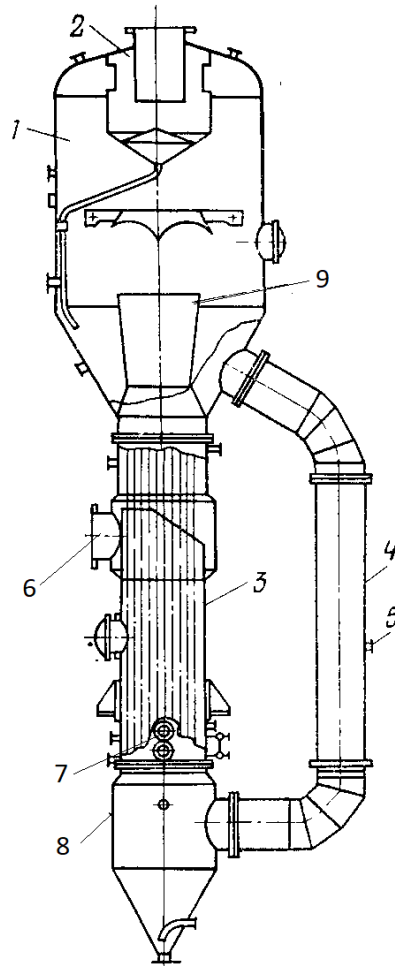
температура в апараті, К	399,2;
тиск в апараті, МПа	0,24;
масова витрата на вході в папарат, кг/с	6,758;
масова витрата гліцерину на виході з апарату , кг/с	6,11;
Габаритні розміри	
висота, м	1,430;
довжина, м	0,71;
ширина, м	0,52;
мага сухого апарата, кг	1431.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апарата

3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей апарата

Схема випарного апарата представлена на рисунку 3.1[1].



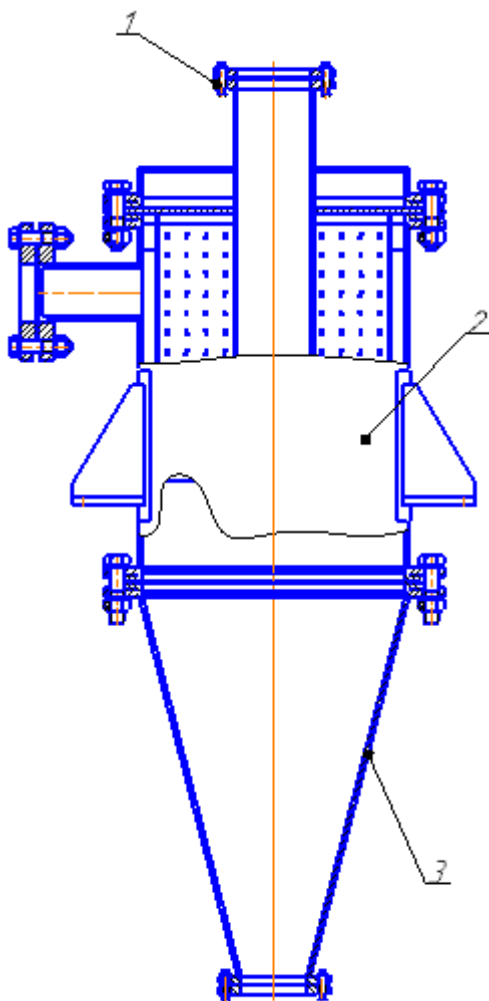
1 – сепаратор; 2 – краплевловлювач; 3 – камера; 4 – спускна циркуляційна труба; 5 – вхід початкового розчину; 6 – вхід гріючої пари; 7 – вихід конденсату; 8 – збірник твердого осадку; 9 – труба закипання.

Рисунок 3.1 – Випарний апарат з природною циркуляцією

Випарний апарати широко використовують в хімічній та харчовій промисловості. Основними вузлами такого випарного апарата є сепаратор, гріюча камера і циркуляційна труба. Сепаратор являє собою циліндричну ємність з еліптичною кришкою, приєднану до гріючої камери. Для відділення

крапель рідини від вторинної пари у сепараторі встановлено відбійник. Гріюча камера являє собою одноходовий кожухотрубний теплообмінник[1].

Схема сепаратора представлена на рисунку 3.2[2].



1 – кришка; 2 – царга; 3 – конічне днище.

Рисунок 3.2 – Сепаратор

Сепаратор використовується для розділення газорідних потоків, зазвичай використовується в газовій, хімічній, нафтохімічній фармацевтичній.

Основними вузлами такого апарата є корпус сепаратора до якого приєднана перфорована обичайка, закріплена у верхній частині корпусу, перфорацію виконано у вигляді рівномірно розташованих отворів діаметром $5\div 8$ мм з шагом $20\div 35$ мм, зовнішній діаметр перфорованої обичайки на 10% менший за внутрішній діаметр корпусу та конічна частина сепаратора[2].

3.2 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами

Щоб забезпечити згущення сировини на лінії виробництва гліцерину обирається випарний апарат з виносною циркуляційною трубою та вільною циркуляцією, адже вільна циркуляція розчину може бути посилена, якщо в низхідну ділянку циркуляційного контуру (виносну циркуляційну трубу) вводити вихідний розчин гліцерину.

Для упарювання розчину гліцерину можна використати також випарний апарат з винесеною циркуляційною трубою та примусовою циркуляцією, або апарат зі стікаючою плівкою. Апарати з примусовою циркуляцією переважно використовуються для випаровування розчинів з великою в'язкістю, або для збільшення теплового навантаження, відповідно підняття коефіцієнтів тепловіддачі. Недоліком даних апаратів є необхідність використання циркуляційного насосу, який потребує додаткових витрат енергії, та містить рухомі елементи, які можуть легко вийти з ладу.

Порівняння основних показників обраної конструкції з аналогами описані в таблиці 3.1[1].

Перевагою сепаратора, що проектується, є менші габаритні розміри, маса, та зменшує кількість виносу рідини у вигляді крапель потоком газу, тобто менша матеріалоемність порівняно з аналогами та збільшена продуктивність з такою самою площею поверхні теплообміну.

Велика кількість типів сепараторів, ускладнює доцільний вибір. Залежно від характеру проявлення основних сил можна поділити наступним чином [2]:

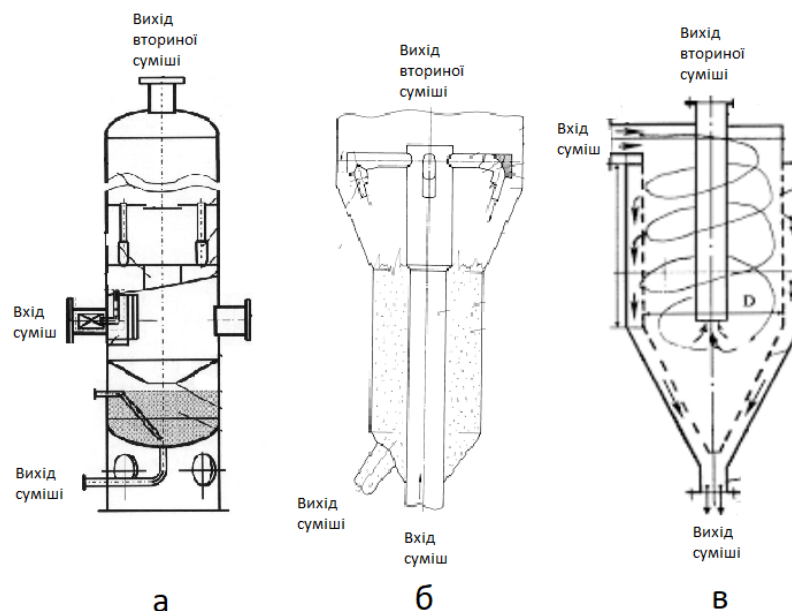
1. гравітаційні;
2. інерційний;
3. відцентрові (циклонного типу).

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Порівняння основних показників конструкції з аналогами

Технічна характеристика	Випарний апарат з виносною циркуляційною трубою та вільною циркуляцією (що проектується)	Випарний апарат з примусовою циркуляцією і винесеною гріючою камерою	Випарний апарат зі стікаючою плівкою
Продуктивність, кг/с	8,5 (5)	8,5 (5)	8,5 (5)
Висота, мм	19000 (4)	25000 (3)	17000 (5)
Діаметр, мм	1800 (5)	1800 (5)	1800 (5)
Площа теплообміну, м ²	710 (4)	800 (5)	710 (4)
Маса, кг	48500 (5)	62000 (3)	51000 (3)
Сума балів	23	21	22

Обраний вид апарата є сепаратор циклонного типу . Види сепараторів , які обрані для порівняння, наведені на рисунку 3.3.



а – гравітаційний; б – інерційний; в циклонного типу.

Рисунок 3.3 – Види сепараторів

Сепаратор циклоного типу має багато переваг, головною з яких є малий гідравлічний опір та зменшений винос крапель рідини з плівки, яка стікає по внутрішній циліндричній поверхні апарату. Та його простота у використанні.

Дані для гравітаційного і інерційного сепаратора були взяті з [2]. Порівняльна характеристика сепараторів наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика сепараторів

Основні технологічні показники	Гравітаційний сепаратор	Інерційний сепаратор	Циклонного типу сепаратор
Можливість зменшення виносу крапель рідини з плівки, що стікає по стінках	Ні (4)	Ні (4)	Так (5)
Захистити від агресивного середовища	Так (5)	Ні (4)	Так (5)
Діаметр апарата, м	0,6 (4)	1.0 (3)	0,52 (5)
Висота апарата, м	3.5 (4)	2 (3)	1.43 (5)
Можливість працювати при різних температурах	Так (4)	Ні (4)	Так (5)
Сума балів	21	18	25

Висновки: сепаратор, та випарний апарат що проектується заданих умов, він має оптимальні габаритні розміри, найменший гідравлічний опір, має можливість зменшення виносу крапель рідини з плівки, що стікає по стінках, то ж доцільно використовувати запропонований тип апаратів.

3.3 Вибір матеріалів

Гліцерин являє собою гігроскопічну рідину, який провокує появлення кислотної корозії. Гліцерин реагує, майже, з усіма рідинами. Тому це може призводити до швидкого руйнування технологічного обладнання і трубопроводів.

Згідно з рекомендаціями [3], для апаратів які працюють при високих температурах з гліцерином, обираємо корозійно-стійку жароміцну сталь 20Х13 ГОСТ 5632-72 після нормалізації і відпуску, для всіх елементів які контактують з агресивним середовищем.

В якості матеріалів для прокладок, згідно з рекомендаціями [4] обираємо азбест з оболонкою із сталі 12Х18Н10Т.

В якості матеріалів для ізоляції, згідно з рекомендаціями [5] обираємо базальт марки БЗМ ГОСТ 1977-87.

Для решти елементів конструкцій, з метою зменшення номенклатури матеріалів, приймаємо сталь 35Х.

3.4 Патентне дослідження

Для знаходження об'єктів порівняння та перевірки патентної чистоти конструкції проведений патентний пошук. Предметом патентного пошуку є випарний апарат та сепаратор.

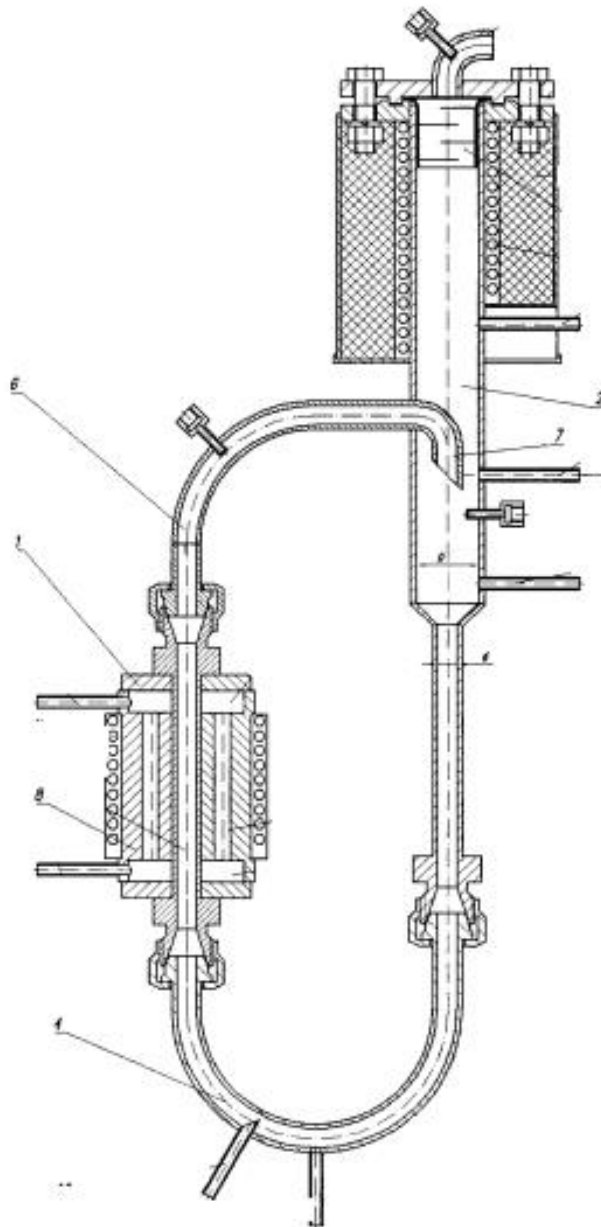
Випарний апарат [6].

У патенті описаний випарний апарат (рисунок 3.3), що містить корпус, сепаратор, теплообмінні труби, співвісну циркуляційну камеру, штуцери для входу і виходу середовищ. На трубах виконано оребрення у вигляді пірамід, які сприяють турбулізації плівки водяної пари.

Недоліком даного апарата є розташування циркуляційної камери в середині апарату, що знижує природну циркуляцію. Виконання турбулізуючих

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вставок у формі пірамід сповільнює стікання плівки, що призводить до збільшення її товщини, а відповідно і до збільшення термічного опору, що негативно позначиться на теплообміні.



1—гріюча камера; 2—труби; 3—патрубок для входу початкової суміші; 4—патрубка для входу гріючої пари в міжтрубний простір; 5—патрубок для виходу конденсату; 6—сепаратор; 7—турбулізуючі вставки.

Рисунок 3.3 – Схема випарного апарата

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН81мп.65111.000ПЗ

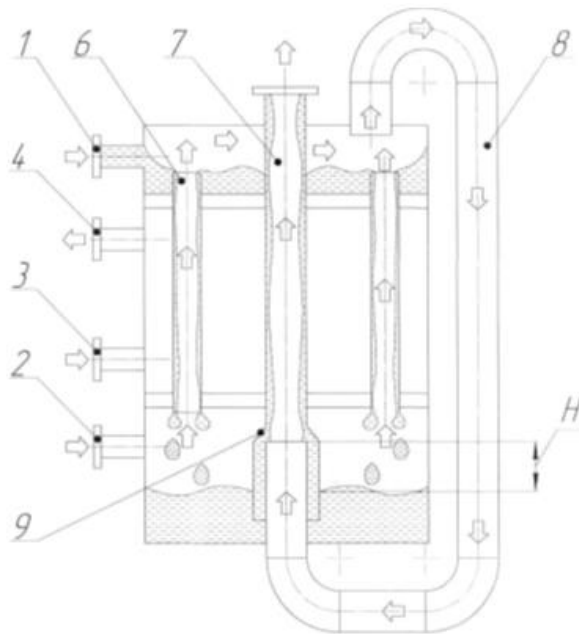
Арк.

24

Плівковий випарний апарат [7].

Корисна модель плівкового випарного апарата належить до хімічної промисловості й може бути використана на об'єктах харчової, біотехнологічної, хімічної та фармацевтичної промисловості.

Випарний апарат (рисунок 3.4) складається із труб, у яких рухається повітря та розчин у вигляді плівки, штуцерів входу та виходу теплоносія, штуцер подачі повітря та виходу для його суміш, плівкоутворювачі.



1 – штуцер для подачі вихідного розчину; 2 – штуцер подачі повітря; 3,4 – штуцери для подачі та відводу теплоносія; 5 – плівкоутворювач; 6 –низхідні труби; 7 – висхідні труби; 8 – з'єднувальна труба; 9–плівкоутворювачі.

Рисунок 3.4- Схема плівкового випарного апарата

Таке виконання апарату сприяє підвищенню теплопередачі між середовищами за рахунок перерозподілу плівки у нижній частині апарата за

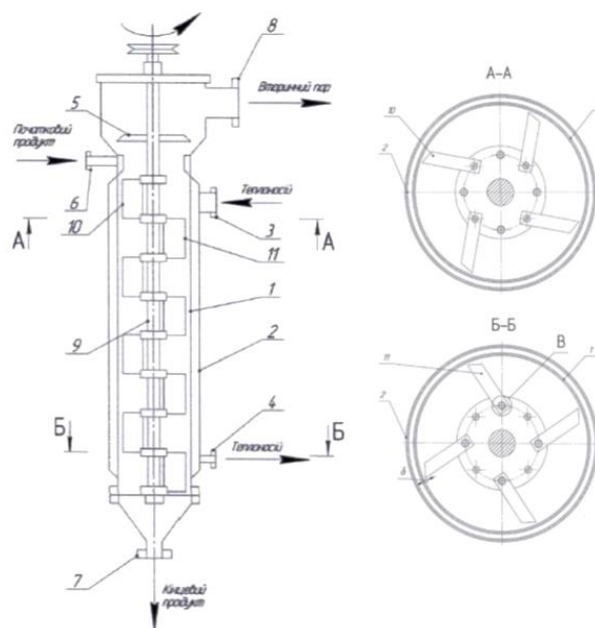
рахунок зменшення кількості та діаметра теплообмінних труб. Апарат містить труби з низхідним та висхідним рухом плівки, висхідний рух забезпечується завдяки руху повітря, яке рухається швидше ніж у трубах з низхідним потоком. Розчин поступово рухається трубами, де волога за рахунок масообміну переходить до повітря, і збільшується концентрація розчину.

Недоліком є монолітність конструкції, як наслідок непридатність апарату до випаровування розчинів зі значною в'язкістю та неможливість механічної очистки поверхні теплообміну. Порівняно невисока продуктивність, та значна металоємність на одиницю поверхні теплообміну.

Випарного апарата[8].

Корисна модель належить до теплообмінного обладнання і може бути використана в харчовій, хімічній, нафтопереробній промисловості.

1 – нагрівальний корпус; 2 – обігрівача оболонь; 3 - штуцер введення



теплоносія; 4 - штуцер виведення теплоносія; 5 – краплевідбійник; 6 – штуцер введення продукту; 7 - штуцер виведення продукту; 8 – штуцер виходу вторинної пари; 9 – ротор; 10 – шарнірно закріплені лопаті; 11 – жорстко закріплені лопаті.

Рисунок 3.5-Схема випарного апарата

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Випарний апарат (рисунок 3.5) складається із вертикального циліндричного корпусу із штуцерами підведення і відведення нагрівального теплоносія та продукту, на якому розташована теплообмінна оболонка.

В корпусі міститься вал ротора, на якому шарнірно закріплені лопаті у вигляді пластин. Апарат виконаний з можливістю зміни кута фіксації лопатей. Завдяки шарнірному закріпленню непарних лопатей, та жорсткому – парних досягається рівномірність формування плівки заданої товщини, що позитивно впливає на інтенсивність упарювання.

Недоліком даного апарата є наявність значної кількості рухомих елементів, які ускладнюють виготовлення, підвищують вартість апарату та ускладнюють подальше обслуговування.

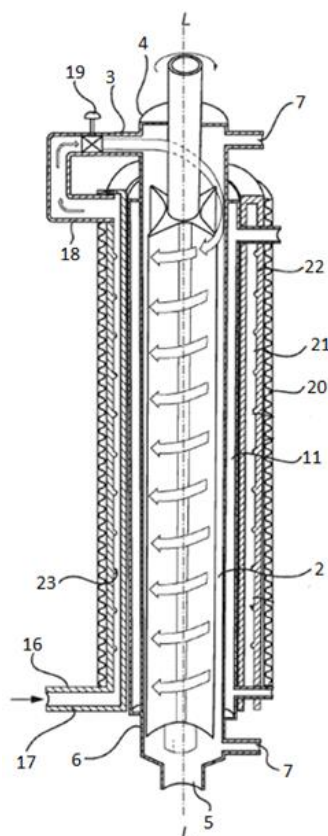
Випарний апарат з висхідною плівкою [9] (рисунок 3.6).

Випарний апарат містить барабан що включає патрубки для входу продукту зверху та виходу з протилежного боку, патрубок виходу пару

Барабан оточує оболонь, що додатково підігріває розчин, або ж в другому варіанті виконання труба подачі розчину знаходиться в середині оболоні, тобто розчин перед надходженням в барабан підігрівається, за рахунок чого покращується природня циркуляція розчину. Розчин в барабан подається тангенційно, це сприяє рівномірному контакту, розподіленню його по стінках апарату та підвищує ефективність теплопередачі. В середині барабану відбувається випаровування більш легкої рідини. Випаровування відбувається за рахунок контакту розчину з нагрітими стінками барабану. Для підвищення ефективності в апараті встановлений перемішувачий пристрій, основною задачею перемішування є утворення висхідної плівки.

Корисна модель належить до теплообмінних апаратів з висхідною плівкою і може бути використана в харчовій, хімічній, нафтопереробній промисловості.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1—випарний апарат; 2—барабан; 3—впускний отвір; 4—перша частина барабана; 5—впускний отвір; 6—друга частина барабану; 7—випуск пара; 8—мішалка; 9—лопаті; 10—труба; 11,12—оболонь; 13—грійний простір; 14—вихід гріючого розчину; 15—вхід гріючого розчину; 16,17— впускний отвір; 18—випускна частина; 19—клапан; 20—теплова ізоляція; 21—канал; 22—нагрівач; 23—труба подачі.

Рисунок 3.6-Схема випарного апарата з висхідною плівкою

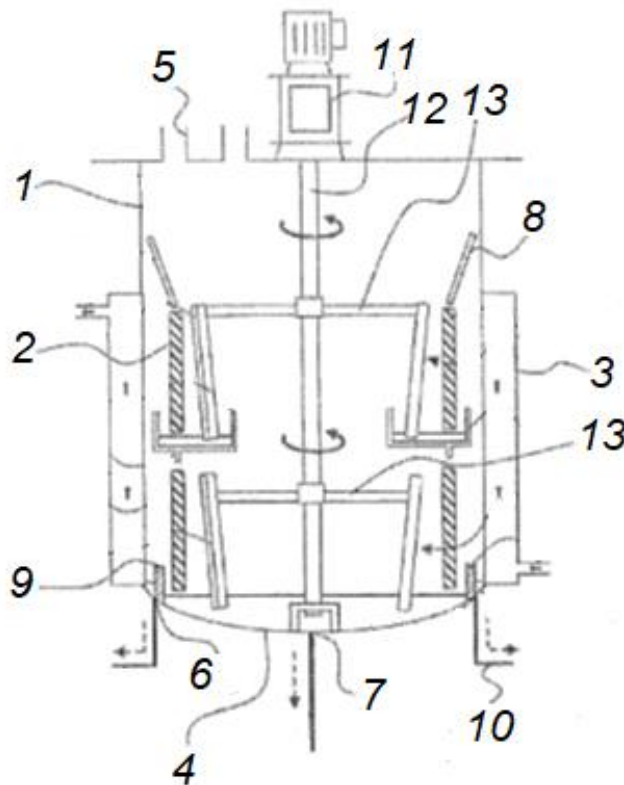
Перевагами даного виконання є незначні габарити в порівнянні з аналогами, можливість випаровування рідин з більш високою в'язкістю, за рахунок наявності перемішуючого пристрою. Час перебування розчину в барабані низький, що важливо при випаровуванні термолабільних розчинів.

Недоліками є вузька спеціалізація даних апаратів, складність конструкції, наявність рухомих елементів, складність в очищенні. Для утворення плівки потребує постійних витрат розчину.

Випарний апарата[10].

У патенті наведено роторний випарний апарат з висхідною плівкою (рисунок 3.7), використовується для концентрації хімічних сполук та відділення від них летких домішок, може бути використаний в харчовій та хімічній промисловості.

Випарний апарат містить корпус, джерела теплоти, зовнішню оболонь, що виконує функцію конденсатора, днище, патрубки для входу і виходу початкової сировини та концентрату, ротор, перемішуючі пластини, що застосовуються для утворення висхідної плівки, патрубки для виходу конденсату.



1–корпус; 2–джерела тепла; 3–конденсатор; 4–днище; 5–вхід сировини; 6–вихід домішок; 7–вихід концентрату; 8–пластина; 9–перегородка; 10–вихід конденсату; 11–привід; 12– вал; 13–перемішуючий пристрій.

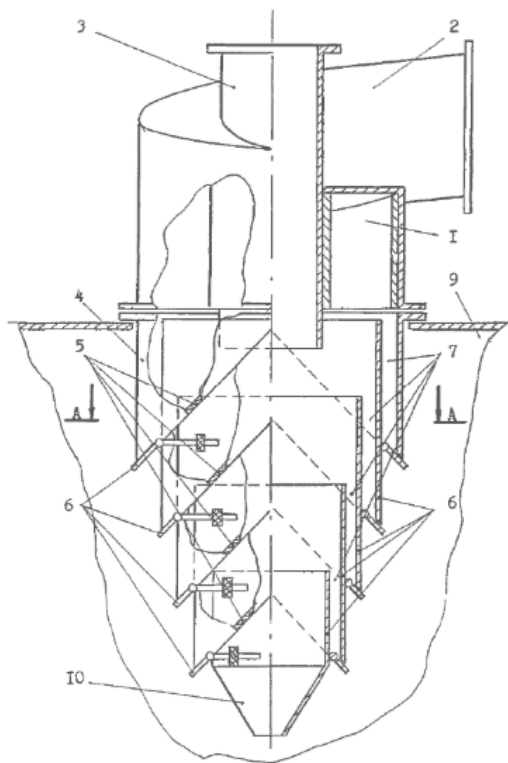
Рисунок 3.7 – Схема випарного апарата

Дана конструкція добре підходить для випаровування в'язких розчинів, оскільки має перемішуючий пристрій.

Головним недоліком апарата є періодичність дії, задля вивантаження очищеного розчину потрібно зупиняти процес. Також до мінусів можна віднести наявність рухомих елементів, які потребують постійного обслуговування, та викликають вібрації.

Оскільки витрати вихідної суміші не є постійними, то при зниженні вмісту домішок не можливо буде утворити висхідну плівку, отже і очищення не буде повним.

Сепаратор циклонного типу [11] (рисунок 3.8).



1–вхідний завиток 2–патрубок; 3–труба; 4–корпус; 5–днище; 6–циліндричнобичайкі; 7–кільцеві канали; 8–мигалки; 9–перегородка; 10–полий зрізаний конус.

Рисунок 3.8 – Схема сепаратору циклонного типу

Сепаратор, що має циліндричний корпус з тангенціальним вхідним і осьовим вихідним патрубками в нижній частині якого ступінчата розташовані

одна під другою циліндричні обичайки з утворенням кільцеподібних пиловловлюючих каналів між ними, співвісних з віссю сепаратора і сполучених зверху камерою, закріплені за допомогою ребер до корпусу і між собою.

Переваги апарату:

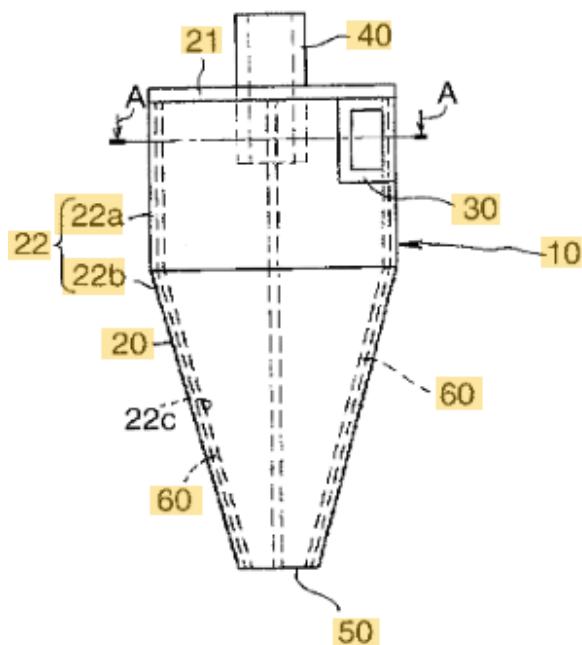
- 1) безперервність процесу, шляхом автоматизації;
- 2) низька металоємність;
- 3) невеликі затрати енергії.

Недоліки апарата:

- 1) високий аеродинамічний опір;
- 2) низька ефективність роботи при зростанні концентрації;
- 3) ускладнена герметизація.

Сепаратор циклонного типу [12].

На внутрішній поверхні 22с бічної стінки основної частини корпусу 20. накладена увігнута канавка 60, що проходить у напрямку, ортогональному або по суті ортогональному напрямку впливу масляного змішаного газу в основну частину 20 корпусу (рисунок 3.9).



20–корпус 22–бічна стінка; 30–труба виводу; 40–штуцер; 50–патрубок скидання мастила; 60–конічне днище.

Рисунок 3.9 – Схема сепаратору циклонного типу

Може викликати потік до ділянки 50 для скидання масла на найкоротшій або найкоротшій відстані. Тому, порівняно з випадком, коли центрифуговане масло стікає вниз по спіральній канавці, шлях, через який масло переходить до ділянки 50 для скидання масла, може бути скорочений, і повторне розсіювання масла може бути придушене.

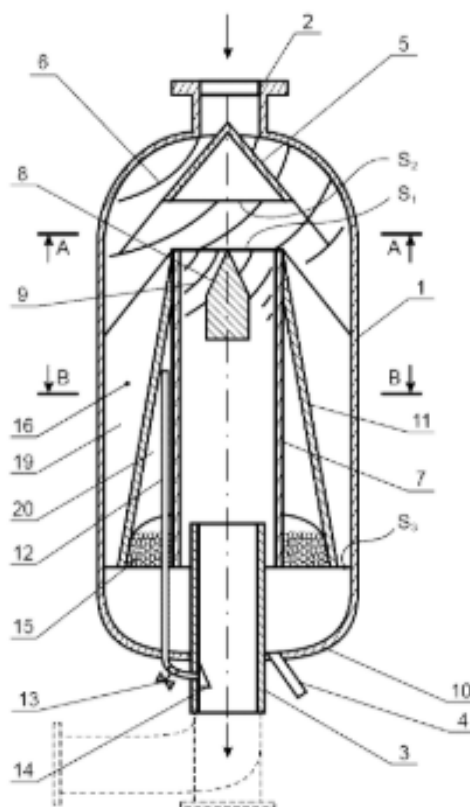
Переваги апарата:

- 1) висока площа контакту;
- 2) можливість працювати при низьких швидкостях;
- 3) низька металоємності апарату;

Недоліки апарата:

- 1) підвищення часу ремонтних робіт та часу очистки;
- 2) малий коефіцієнт вловлювання .

Сепаратор газорідинний вертикальний [13] (рисунок 3.10).



1—корпус; 2—вихідний патрубок; 3— вхідний патрубок; 4-днище; 5, 8-обтікач; 6,9-завихрювач; 7-вихровий канал.

Рисунок 3.10 – Схема Сепаратору газорідинного вертикального

Винахід відноситься до області відділення дисперсних частинок від газів і може знайти застосування в нафтовій, газовій, хімічній та інших галузях промисловості. Сепаратор містить вертикальний корпус 1, вхідний 2 і вихідний 3 патрубки, причому вхідний патрубок 2 розміщений у верхній частині сепаратора, перший вигнутий обтікач 5 і перший завихрювач 6.

Виконаний у вигляді направляючих лапастей, розміщені у першого патрубка 2, вихровий канал 7, розміщений під першим обтічником 5 і забезпечений другим обтічником 8 і другим завихрювачем 9, виконаним у вигляді направляючих лопастей, причому площа поперечного перерізу на вході вихрового каналу 7 менше площі поперечного перерізу нижньої частини першого від тека теля 5, причому всередині нижньої частини вихрового каналу 7 з зазором розміщений верхній край вихідного патрубка 3, і конфузور 11, розміщений зовні вихрового каналу 7 і ділить простір між вихровим каналом 7 і корпусом 1 на дві частини - прохідну 19 і закриту 20.

Переваги апарата:

- 1) збільшення площі розділення;
- 2) зменшення зносу поверхні апарату;
- 3) зменшення розмірів апарата.

Недоліки апарата:

- 1) підвищення гідравлічного опору;
- 2) складність очистки забрудненої поверхні;
- 3) складність виготовлення.

Повітряний сепаратор [14]

Повітряний сепаратор комбінованої дії (рисунок 3.11) включає корпус, у верхній частині якого герметично встановлений трубопровід очищеного рідини від газу, на якому закріплений електропривод і вентилятор, і розташовані під ним входять один в одного і зміщені відносно один одного по висоті, звернені великими підставами вгору усічені конуси, менші підстави яких виконані під кутом до горизонталі, що збігається з кутом

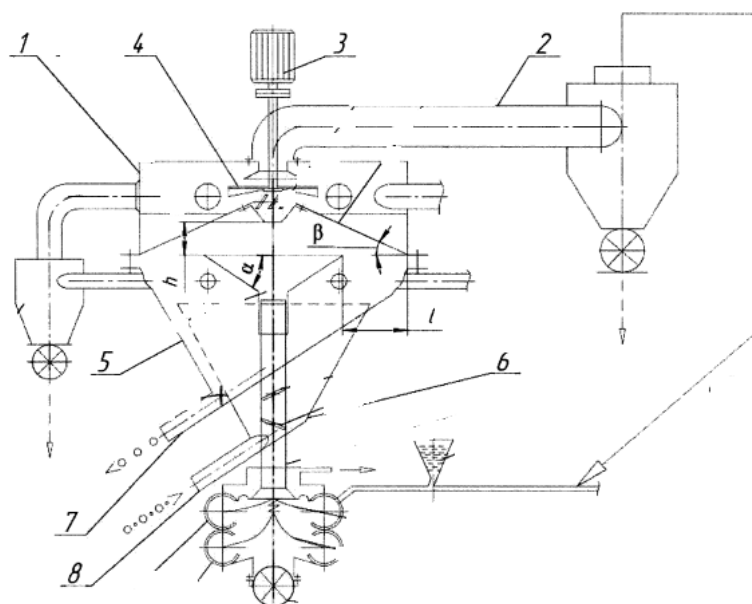
природного укосу матеріалу. Верхній усічений конус меншим підставою жорстко закріплений на входному, в нього нижньому усіченому конусі, утворюючи желеподібні канал, що переходить в розвантажувальний патрубок. Нижній усічений конус містить тангенціально розташований завантажувальний патрубок. Усередині усічених конусів розташований непроникний приймальний конус, звернений більшою підставою вгору, а менше підставу приймального конуса закінчується вивантажувальним патрубком.

Переваги апарата:

- 1) інтенсифікація процесу розділення;
- 2) можливість очистки дрібних крапель рідини (d^5);
- 3) високий коефіцієнт вловлювання.

Недоліки апарата:

- 1) велика металоємність;
- 2) складність очистки забрудненої поверхні;
- 3) складність у виготовленні.



1–трубопровід; 2–трубка; 3– фільтр; 4-днище; 5-патрубок; 6- конічне днище; 7,8-патрубки виводу.

Рисунок 3.11 – Схема повітряного сепаратора

Сепаратор (рисунок 3.12) містить вертикальний циліндричний корпус 6 конусоподібної нижньої частини 7 для відводу твердих частинок, тангентальним вхідним патрубком 8 для підведення запиленого газопотоку і частково розташованим всередині корпусу 6 щонайменше на ділянці зони розташування патрубку 8 циліндровим вихлопним патрубком 9 для відводу очищеного газу.

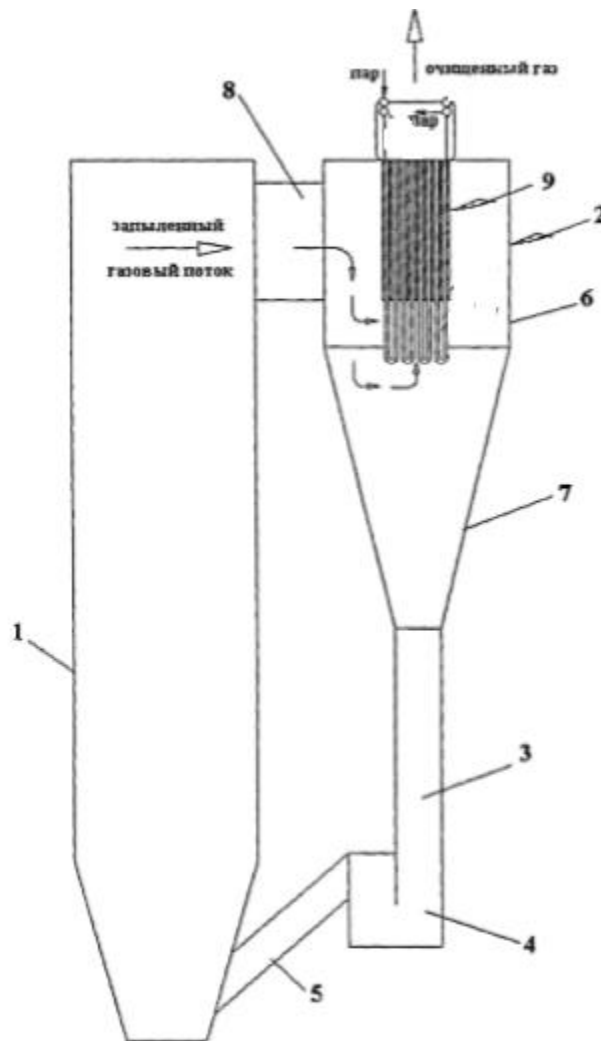


Рисунок 3.12 – Схема сепаратору циклонного типу

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Переваги апарата:

- 1) висока площа контакту;
- 2) широкий діапазон робочих режимів;
- 3) пом'якшені умови розділення.

Недоліки апарата:

- 1) складність виготовлення;
- 2) великі габарити;
- 3) складність очистки забрудненої поверхні.

Висновок: В результаті проведених патентних досліджень встановлено, що розроблюваний випарний апарат та сепаратору за основними характеристиками не поступається розглянутим аналогам і відповідає сучасному рівню розвитку техніки. Основна увага у сучасних моделях апаратів приділяється підвищенню ефективності, продуктивності роботи, зменшення їхньої матеріалоемності та габаритних розмірів.

Регламент патентного пошуку наведений в додатку В.

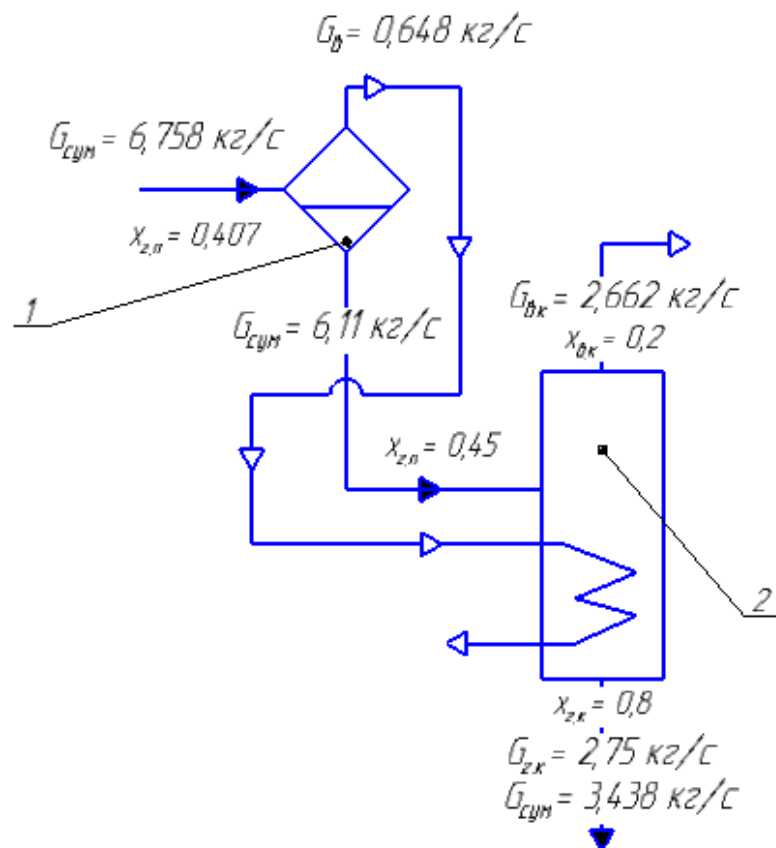
					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

4.1 Визначення основних геометричних розмірів випарного апарата

Мета розрахунку: підібрати необхідну площу поверхні теплообмінну і конструктивні розміри випарного апарата для заданих умов.

Розрахункова схема до параметричного розрахунку наведена на рисунку 4.1.



1 - відцентровий сепаратор; 2- випарний апарат.

Рисунок 4.1 – Схема матеріального балансу

Вихідні дані:

вихідна кількість розчину G_n , кг/с	6,11;
початкова концентрація x_n , % (мас.)	45;
кінцева концентрація x_k , % (мас.)	80;

тиск гріючої пари p , МПа

0,24;

температура розчину, що подається до випарного апарату t_1 , К, (°C) 260,85 (100).

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [16].

З рівняння матеріального балансу знаходимо загальну кількість води випарованої у установці, кг/с:

$$W = G_{II} \cdot \left(1 - \frac{x_{II}}{x_K}\right) = 6,11 \cdot \left(1 - \frac{45}{80}\right) = 2,674$$

Розрахунок концентрацій випареного розчину по корпусах:

Розподіл концентрації випареного розчину по корпусах установки залежить від співвідношення навантажень по випареній воді:

$$W_1 : W_2 : W_3 = 1,0 : 1,1 : 1,2$$

Тоді кількість випареної води:

у 1-му корпусі $W_1 = \frac{W \cdot 1,0}{1,0 + 1,1 + 1,2} = \frac{2,674 \cdot 1,0}{1,0 + 1,1 + 1,2} = 0,81 \text{ кг/с},$

у 2-му корпусі $W_2 = \frac{W \cdot 1,1}{1,0 + 1,1 + 1,2} = \frac{2,674 \cdot 1,1}{1,0 + 1,1 + 1,2} = 0,891 \text{ кг/с},$

у 3-му корпусі $W_3 = \frac{W \cdot 1,2}{1,0 + 1,1 + 1,2} = \frac{2,674 \cdot 1,2}{1,0 + 1,1 + 1,2} = 0,972 \text{ кг/с}.$

Концентрація розчинів в корпусах:

у 1-му корпусі $x_1 = \frac{G_{II} \cdot x_{II}}{G_{II} - W_1} = \frac{6,11 \cdot 45}{6,11 - 0,81} = 51,878 \%,$

у 2-му корпусі $x_2 = \frac{G_{II} \cdot x_{II}}{G_{II} - W_2 - W_1} = \frac{6,11 \cdot 45}{6,11 - 0,81 - 0,891} = 62,362 \%,$

у 3-му корпусі

$$x_3 = \frac{G_{II} \cdot x_{II}}{G_{II} - W_2 - W_1 - W_3} = \frac{6,11 \cdot 45}{6,11 - 0,81 - 0,891 - 0,972} = 80 \%.$$

що відповідає завданню.

Визначення температур кипіння розчину по корпусам.

Розподіл тисків по корпусам установки.

Загальний перепад тисків в установці:

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta p_{cn} = p_{2.n.} - p_{6.k.} = 0,24 - 0,015 = 0,225 \text{ МПа}$$

Розподіляємо спільний перепад тисків між корпусами порівну:

$$\Delta p = \frac{\Delta p_{cn}}{3} = \frac{0,225}{3} = 0,075 \text{ МПа}$$

Абсолютні тиски по корпусам будуть дорівнювати:

$$p_1 = p_{2.n.} - \Delta p = 0,24 - 0,075 = 0,165 \text{ МПа},$$

$$p_2 = p_1 - \Delta p = 0,165 - 0,075 = 0,09 \text{ МПа},$$

$$p_3 = p_2 - \Delta p = 0,09 - 0,075 = 0,015 \text{ МПа},$$

що відповідає завданню.

Цим значенням тисків відповідають значення температур та ентальпій наведених в таблиці 4.1 визначених [17].

Таблиця 4.1 – Визначення ентальпії

Тиск, МПа	Температура, °С	Ентальпія, кДж/кг
0,25	260,85	2454
0,165	225,35	2436,32
0,09	175,5	2405,82
0,015	85,407	2296

Визначення гідравлічної депресії

На основі практичних рекомендацій приймаємо гідравлічну депресію для кожного корпусу $\Delta''' = 1$ град. С, тоді температури вторинних парів, тиски і теплоти пароутворення їх в корпусах будуть рівні (таблиця 4.2)[17].

Таблиця 4.2 – Визначення температури вторинних парів[17]

Температура, °С	Тиск, МПа	Теплота пароутворення, кДж/кг
$t_{в.п_1} = 260,85 + 1 = 261,85$	0,1656	1855,89
$t_{в.п_2} = 225,35 + 1 = 226,5$	0,091	1927,22
$t_{в.п_3} = 85,407 + 1 = 86,407$	0,01547	2069,2

Сума гідравлічних депресій

$$\sum \Delta''' = 3 \cdot 1 = 3^\circ \text{C}$$

Визначення гідростатичної депресії

Для обрання висоти труби $H = l$ необхідно орієнтовно визначити площу поверхні теплопередачі випарного апарату $F_{\text{ор.}}$, вибрати параметри апарату за ГОСТ 11987-81. Площа поверхні теплопередачі орієнтовно визначається за формулою:

$$F_{OB_1} = \frac{Q_1}{q} = \frac{W_1 \cdot r_1}{q} = \frac{0,81 \cdot 1855,89}{20000} = 75,14 \text{ м}^2,$$

$$F_{OB_2} = \frac{Q_2}{q} = \frac{W_2 \cdot r_2}{q} = \frac{0,891 \cdot 1927,22}{20000} = 85,877 \text{ м}^2,$$

$$F_{OB_3} = \frac{Q_3}{q} = \frac{W_3 \cdot r_3}{q} = \frac{0,972 \cdot 2069,2}{20000} = 100,586 \text{ м}^2.$$

де q – орієнтовне значення питомого теплового потоку для апаратів з природною циркуляцією, $q = 20000 \text{ Вт/м}^2$.

Приймаємо за ГОСТ 11987-81 випарний апарат з площею поверхні теплопередачі $F = 112 \text{ м}^2$, довжиною труб 6 м, діаметром труб 38x2 мм.

Таким чином, тиск в середньому шарі кип'ятильних труб корпусів рівні:

$$p_{1cp} = p_{в.н_1} + \frac{\rho_{p_1} \cdot g \cdot H \cdot [0,26 + 0,0014 \cdot (\rho_{p_1} - \rho_{в_1})]}{2} \cdot 10^{-6} =$$
$$= 0,1656 + \frac{950,13 \cdot 9,807 \cdot 6 \cdot [0,26 + 0,0014 \cdot (950,13 - 927,984)]}{2} = 0,174 \text{ МПа},$$

$$p_{2cp} = p_{в.н_2} + \frac{\rho_{p_2} \cdot g \cdot H \cdot [0,26 + 0,0014 \cdot (\rho_{p_2} - \rho_{в_2})]}{2} \cdot 10^{-6} =$$
$$= 0,091 + \frac{1039,98 \cdot 9,807 \cdot 6 \cdot [0,26 + 0,0014 \cdot (1039,98 - 945,984)]}{2} = 0,103 \text{ МПа},$$

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$p_{3cp} = p_{в.н.3} + \frac{\rho_{p_3} \cdot g \cdot H \cdot [0,26 + 0,0014 \cdot (\rho_{p_3} - \rho_{в.3})]}{2} \cdot 10^{-6} =$$

$$= 0,01547 + \frac{1126,19 \cdot 807,6 \cdot [0,26 + 0,0014 \cdot (1126,1 - 985,7)]}{2} = 0,031 \text{ МПа.}$$

Отриманим тискам відповідають наступні температури кипіння (таблиця 4.3)[17].

Таблиця 4.3 – Визначення температури кипіння

Тиск, МПа	Температура кипіння, °С	Теплота пароутворення, кДж/кг
0,174	230,55	1858,6
0,103	182,82	1907,9
0,031	92,904	2004,2

Визначаємо гідростатичну депресію по корпусам.

$$\Delta_1'' = t_{1cp} - t_{в.н.1} = 230,55 - 226,5 = 4,2 \text{ °С,}$$

$$\Delta_2'' = t_{2cp} - t_{в.н.2} = 182,82 - 175,5 = 6,32 \text{ °С,}$$

$$\Delta_3'' = t_{3cp} - t_{в.н.3} = 92,904 - 85,407 = 6,497 \text{ °С.}$$

Сума гідростатичних депресій

$$\Sigma \Delta'' = \Delta_1'' + \Delta_2'' + \Delta_3'' = 4,2 + 6,32 + 6,497 = 17,017 \text{ °С.}$$

Концентрація гліцерину по корпусах наведена в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Визначення температурної депресії[18]

К корпус	Концентрація $C_3H_8O_3$, %	Температура кипіння, °С	Депресія, °С
1	51,878	212,815	12,815
2	62,362	222,92	22,92
3	80	266,2	66,2

Температурна депресія по корпусах з урахуванням тиску в них.

$$\Delta'_1 = \frac{16,2 \cdot T_1^2 \cdot \Delta'_{амм1}}{r_1} = \frac{16,2 \cdot (273 + 230,55)^2 \cdot 12,815}{1858,6 \cdot 10^3} = 28,338 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\Delta'_2 = \frac{16,2 \cdot T_2^2 \cdot \Delta'_{амм2}}{r_2} = \frac{16,2 \cdot (273 + 182,82)^2 \cdot 22,92}{1907,9 \cdot 10^3} = 40,456 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\Delta'_3 = \frac{16,2 \cdot T_3^2 \cdot \Delta'_{амм3}}{r_3} = \frac{16,2 \cdot (273 + 92,904)^2 \cdot 66,2}{2004,2 \cdot 10^3} = 77,296 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Сума температурних депресій.

$$\sum \Delta' = \Delta'_1 + \Delta'_2 + \Delta'_3 = 28,338 + 40,456 + 77,296 = 146,09 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температура кипіння розчинів по корпусам.

$$t_{\kappa_1} = t_1 + \Delta'_1 + \Delta''_1 + \Delta'''_1 = 225,35 + 28,338 + 4,2 + 1 = 258,888 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$t_{\kappa_2} = t_2 + \Delta'_2 + \Delta''_2 + \Delta'''_2 = 175,5 + 40,456 + 6,32 + 1 = 223,276 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$t_{\kappa_3} = t_3 + \Delta'_3 + \Delta''_3 + \Delta'''_3 = 85,407 + 77,296 + 6,497 + 1 = 170,2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Визначення корисної різниці температур.

Загальна корисна різниця температур.

$$\Delta t_{кор. заг.} = t - t_3 - \sum \Delta' - \sum \Delta'' - \sum \Delta''' = 260,85 - 85,41 - 146,09 - 17,017 - 3 = 9,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Корисні різниці температур по корпусам рівні.

$$\Delta t_{кор.1} = t - t_{\kappa_1} = 260,85 - 258,88 = 1,962 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\Delta t_{кор.2} = t_1 - t_{\kappa_2} = 225,35 - 223,276 = 2,074 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\Delta t_{кор.3} = t_2 - t_{\kappa_3} = 175,5 - 170,2 = 5,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Визначення теплових навантажень по корпусам (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5 – Визначення теплових навантажень по корпусам

1	Корпус		
	2		
	1	2	3
Кількість вихідного розчину, кг/с	6,11	5,301	4,41
Концентрація вихідного розчину, %	45	51,878	62,362

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Продовження таблиці 4.5

1	2		
Теплоємність вихідного розчину, Дж/(кг·К)	3612	3551	3306
Ентальпія вторинної пари, кДж/кг	2449,55	2427,58	2394,14
Температура вихідного розчину, °С	225,35	258,888	223,276
Температура упареного розчину, °С	258,888	223,276	170,2

Визначаємо витрату гріючої пари в перший корпус, кількість випареної води із кожного корпусу, теплові навантаження по корпусах:

$$Q_1 = G_{\text{з.п.}} \cdot r_{\text{з.п.1}} = \left[G_H \cdot c_{\kappa_1} \cdot (t_{\kappa_1} - t_1) + W_1 \cdot (i_{\text{см1}} - c_{\kappa_1} \cdot t_{\kappa_1}) \right] \cdot 1,05 =$$

$$= G_{\text{з.п.}} \cdot 2122,88 \cdot 10^3 = \left[6,11 \cdot 3612 \cdot (258,888 - 225,35) + W_1 \cdot (2449,55 \cdot 10^3 - 3612 \cdot 258,888) \right] \cdot 1,05 =$$

$$Q_2 = W_1 \cdot r_{\text{з.п.2}} = \left[W_{\text{поч2}} \cdot c_{\kappa_2} \cdot (t_{\kappa_2} - t_{\kappa_1}) + W_2 \cdot (i_{\text{см2}} - c_{\kappa_2} \cdot t_{\kappa_2}) \right] \cdot 1,03 =$$

$$= W_1 \cdot 2175,84 \cdot 10^3 = \left[5,301 \cdot 3551 \cdot (223,276 - 258,888) + \right.$$

$$\left. + W_2 \cdot (2427,58 \cdot 10^3 - 3551 \cdot 223,276) \right] \cdot 1,03 ,$$

$$Q_3 = W_2 \cdot r_{\text{з.п.3}} = \left[W_{\text{поч3}} \cdot c_{\kappa_3} \cdot (t_{\kappa_3} - t_{\kappa_2}) + W_3 \cdot (i_{\text{см3}} - c_{\kappa_3} \cdot t_{\kappa_3}) \right] \cdot 1,03 =$$

$$= W_2 \cdot 2236,89 \cdot 10^3 = \left[4,41 \cdot 3306 \cdot (170,2 - 223,276) + W_3 \cdot (2394,14 \cdot 10^3 - 3306 \cdot 170,2) \right] \cdot 1,03 ,$$

$$5,625 = W_1 + W_2 + W_3$$

Вирішення системи рівнянь дає наступні результати:

$$G_{\text{г.п.}} = 1,202 \text{ кг/с}, \quad W_1 = 0,834 \text{ кг/с}, \quad W_2 = 0,895 \text{ кг/с}, \quad W_3 = 1,038 \text{ кг/с}.$$

Розбіжність з раніше прийнятими величинами не перевищує 10%, тому перерахунок робити не потрібно.

Теплові навантаження по корпусах:

$$Q_1 = r_{\text{з.п.1}} \cdot W_1 = 2122,88 \cdot 10^3 \cdot 0,834 = 2552 \text{ кВт} ,$$

$$Q_2 = r_{\text{з.п.2}} \cdot W_2 = 2175,84 \cdot 10^3 \cdot 0,896 = 1858 \text{ кВт} ,$$

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$Q_3 = r_{\text{с.н.3}} \cdot W_3 = 2236,89 \cdot 10^3 \cdot 1,039 = 2003 \text{ кВт}.$$

Визначення коефіцієнтів теплопередачі:

Обираємо конструкційний матеріал стійкий до середовища $\text{C}_3\text{H}_8\text{Oв}$ інтервалі зміни концентрацій від 45% до 80% і температур від 85 до 265°C. В цих умовах хімічно стійкою являється сталь марки 12Х18Н10Т, її теплопровідність $\lambda=16,4 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$.

$$\sum r = \frac{\delta}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_{\text{н}}}{\lambda_{\text{н}}} = \frac{0,002}{16,4} + \frac{0,0005}{3,05} = 2,859 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2\text{K/Вт}.$$

З достатнім рівнем точності для розрахунку можна прийняти температуру плівки конденсату в гріючих камерах випарних апаратів рівним температурам конденсації гріючої пари. Враховуючи модернізацію, А прийmemo на 10% більшими.

Таблиця 4.6 – Визначення коефіцієнта А.

Температура плівки конденсату	Коефіцієнт А
255,88	304,4
223,276	299,9
170,2	284,4

Властивості розчинів гідроксиду натрію та їх парів наведено в таблиці 4.7 [18].

Таблиця 4.7 - Властивості киплячих розчинів C₃H₈O та їх парів

Параметри	Корпус		
	1	2	3
Температура t, °C	2588,888	223,276	107,2
Концентрація x, %	51,878	62,362	80
Теплопровідність розчину λ, Вт/(м·К)	0,581	0,569	0,561
Густина розчину ρ, кг/м ³	950,13	1039,98	1126
В'язкість розчину μ, 10 ³ ·Па·с	0,333	0,567	2,064
Поверхневий натяг σ, 10 ³ ·Н/м	46,44	53,27	59,22
Теплоємність розчину с, Дж/(кг·К)	3551	3306	2834
Теплота пароутворення r _п , кДж/кг	1839,4	1875,84	1936,89
Густина пару ρ _п , кг/м ³	2,367	1,544	0,8
Густина пару при ρ=10 ⁵ Па	0,579		

Визначаємо коефіцієнт В по корпусах:

$$\begin{aligned}
 B_1 &= 780 \cdot \frac{\lambda_1^{1,3} \cdot \rho_1^{0,5} \cdot \rho_{n_1}^{0,06}}{\sigma_1^{0,5} \cdot r_{n_1}^{0,6} \cdot \rho^{0,66} \cdot c_1^{0,3} \cdot \mu_1^{0,3}} = \\
 &= 780 \cdot \frac{0,581^{1,3} \cdot 950,13^{0,5} \cdot 2,367^{0,06}}{(46,44 \cdot 10^{-3})^{0,5} \cdot (1839,4 \cdot 10^{-3})^{0,6} \cdot 0,579^{0,66} \cdot 3551^{0,3} \cdot (0,333 \cdot 10^{-3})^{0,3}} = 12,736, \\
 B_2 &= 780 \cdot \frac{\lambda_2^{1,3} \cdot \rho_2^{0,5} \cdot \rho_{n_2}^{0,06}}{\sigma_2^{0,5} \cdot r_{n_2}^{0,6} \cdot \rho^{0,66} \cdot c_2^{0,3} \cdot \mu_2^{0,3}} = \\
 &= 780 \cdot \frac{0,569^{1,3} \cdot 1039,98^{0,5} \cdot 1,544^{0,06}}{(53,27 \cdot 10^{-3})^{0,5} \cdot (1875,84 \cdot 10^{-3})^{0,6} \cdot 0,579^{0,66} \cdot 3306^{0,3} \cdot (0,567 \cdot 10^{-3})^{0,3}} = 10,177, \\
 B_3 &= 780 \cdot \frac{\lambda_3^{1,3} \cdot \rho_3^{0,5} \cdot \rho_{n_3}^{0,06}}{\sigma_3^{0,5} \cdot r_{n_3}^{0,6} \cdot \rho^{0,66} \cdot c_3^{0,3} \cdot \mu_3^{0,3}} =
 \end{aligned}$$

$$= 780 \cdot \frac{0,561^{1,3} \cdot 1126^{0,5} \cdot 0,8^{0,06}}{(59,22 \cdot 10^{-3})^{0,5} \cdot (1936,89 \cdot 10^{-3})^{0,6} \cdot 0,579^{0,66} \cdot 2834^{0,3} \cdot (2,064 \cdot 10^{-3})^{0,3}} = 6,63.$$

Значення теплового потоку визначалося за допомогою програмного пакету MathCad. Розрахунок приведений на рисунку 4.2.

$q := 100000$

Given

$$\frac{q}{\Delta t_{\text{пол}2}} = \frac{1}{\frac{1}{0.62 \cdot A_2 \cdot q^{-0.333}} + \frac{0.002}{16.4} + \frac{1}{B_2 \cdot q^{0.6}}}$$

$v := \text{Find}(q)$

$v = 3.526 \times 10^3$

$q_2 := 3.526 \times 10^3$

$q := 100000$

Given

$$\frac{q}{\Delta t_{\text{пол}1}} = \frac{1}{\frac{1}{0.62 \cdot A_1 \cdot q^{-0.333}} + \frac{0.002}{16.4} + \frac{1}{B_1 \cdot q^{0.6}}}$$

$v := \text{Find}(q)$

$v = 2.592 \times 10^3$

$q_1 := 2.592 \times 10^3$

$q := 100000$

Given

$$\frac{q}{\Delta t_{\text{пол}3}} = \frac{1}{\frac{1}{0.62 \cdot A_3 \cdot q^{-0.333}} + \frac{0.002}{16.4} + \frac{1}{B_3 \cdot q^{0.6}}}$$

$v := \text{Find}(q)$

$v = 3.343 \times 10^3$

$q_3 := 3.343 \times 10^3$

Рисунок 4.2 – Розрахунок теплового потоку

Розраховані значення коефіцієнтів по корпусах наведені в таблиці 4.8.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Таблиця 4.8 - Розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі:

	1 корпус	2 корпус	3 корпус
Величини	$A=304,4 \cdot 10^3$ $B_1 = 12,177$	$A=299,9 \cdot 10^3$ $B_2 = 10,177$	$A=285,4 \cdot 10^3$ $B_3 = 6,633$
$q, \text{Вт/м}^2$	2592	3526	3343

Коефіцієнти теплопередачі по корпусам рівні:

$$K_1 = \frac{q_1}{\Delta t_{\text{кор}_1}} = \frac{2592}{1,962} = 1321 \text{ Вт/(м}^2\text{K)},$$

$$K_2 = \frac{q_2}{\Delta t_{\text{кор}_2}} = \frac{3526}{2,074} = 1700 \text{ Вт/(м}^2\text{K)},$$

$$K_3 = \frac{q_3}{\Delta t_{\text{кор}_3}} = \frac{3343}{5,33} = 630,714 \text{ Вт/(м}^2\text{K)}.$$

Корисна різниця температур в корпусах установок:

$$\Delta t_{\text{кор}_1} = \Delta t_{\text{кор.заг.}} \cdot \frac{\frac{Q_1}{K_1}}{\frac{Q_1}{K_1} + \frac{Q_2}{K_2} + \frac{Q_3}{K_3}} = \frac{\frac{2552 \cdot 10^3}{1321}}{\frac{2552 \cdot 10^3}{1321} + \frac{1858 \cdot 10^3}{1700} + \frac{2003 \cdot 10^3}{630,714}} = 2,909 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\Delta t_{\text{кор}_2} = \Delta t_{\text{кор.заг.}} \cdot \frac{\frac{Q_2}{K_2}}{\frac{Q_1}{K_1} + \frac{Q_2}{K_2} + \frac{Q_3}{K_3}} = \frac{\frac{1858 \cdot 10^3}{1700}}{\frac{2552 \cdot 10^3}{1321} + \frac{1858 \cdot 10^3}{1700} + \frac{2003 \cdot 10^3}{630,714}} = 1,646 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\Delta t_{\text{кор}_3} = \Delta t_{\text{кор.заг.}} \cdot \frac{\frac{Q_3}{K_3}}{\frac{Q_1}{K_1} + \frac{Q_2}{K_2} + \frac{Q_3}{K_3}} = \frac{\frac{2003 \cdot 10^3}{630,714}}{\frac{2552 \cdot 10^3}{1321} + \frac{1858 \cdot 10^3}{1700} + \frac{2003 \cdot 10^3}{630,714}} = 4,782 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Перевірка загальної корисної різниці температур:

$$\sum \Delta t_{\text{кор.заг.}} = \Delta t_{\text{кор}_1} + \Delta t_{\text{кор}_2} + \Delta t_{\text{кор}_3} = 2,909 + 1,646 + 4,782 = 9,336 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Площі поверхонь теплопередачі випарних апаратів:

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$F_1 = \frac{Q_1}{K_1 \cdot \Delta t_{\text{кор}_1}} = \frac{2552 \cdot 10^3}{1321 \cdot 2,909} = 664,073 \text{ м}^2,$$

$$F_2 = \frac{Q_2}{K_2 \cdot \Delta t_{\text{кор}_2}} = \frac{1858 \cdot 10^3}{1700 \cdot 1,646} = 664,073 \text{ м}^2,$$

$$F_3 = \frac{Q_3}{K_3 \cdot \Delta t_{\text{кор}_3}} = \frac{2003 \cdot 10^3}{630,714 \cdot 4,782} = 664,0734 \text{ м}^2.$$

Виходячи з розрахованої площі поверхні теплообміну, за [1] приймаємо випарний апарат з характеристиками, наведеними в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Технічна характеристика апарата

Площа поверхні теплообміну F , м ²	710
Довжина труб l , мм	6000
Труби	38x2
Діаметр гріючої камери D , мм	1800
Діаметр сепаратора D_1 , мм	4000
Висота апарата H , мм	18590
Висота парового простору H_1 , мм	2075
Маса апарата M , кг	48500
Матеріал труб	Сталь 12X18H10T ГОСТ 5632-72

Площа поверхні теплообміну вибраного випарного апарату $F_B=710 \text{ м}^2$, що значно більше орієнтовно вибраної поверхні $F_{OB}=280 \text{ м}^2$. Але необхідності вносити корективи в розрахунок немає, оскільки висота труб залишилася незмінною.

Висновок: на основі проведених розрахунків визначено параметри випарного апарата. Одержані результати зведені в таблицю 5.9.

4.2 Конструктивний розрахунок

Мета розрахунку: визначення параметрів розміщення труб в трубній решітці.

Розрахункова схема до конструктивного розрахунку наведена на рисунку 4.3

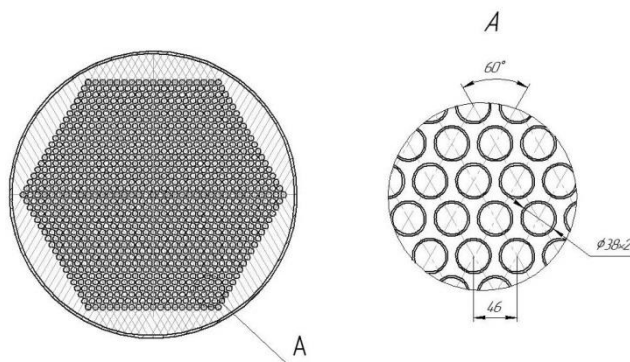


Рисунок 4.3 – Схема до розрахунку конструкції трубної решітки

Вихідні дані:

площа поверхні теплообміну F , м² 710;
 діаметр труби d_3 , м 0,038;
 довжина труб l , м 6.

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [19].

Кількість труб та їх розміщення:

$$n = \frac{F}{\pi \cdot d_3 \cdot l} = \frac{710}{3,14 \cdot 0,038 \cdot 6} = 992 \text{ шт.},$$

Для розміщення пучка труб по вершинам шестикутників, зв'язок між загальною кількістю труб n , кількістю труб на діагоналі b і на стороні a найбільшого шестикутника виражається наступним співвідношенням:

$$n = 3 \cdot a \cdot (a - 1) + 1,$$

$$a = 19,$$

$$b = 2 \cdot a - 1 = 2 \cdot 19 - 1 = 37$$

Крок:

$$t = 1,2 \cdot d_3 = 1,2 \cdot 0,038 = 0,046 \text{ м.}$$

Внутрішній діаметр корпусу апарата:

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_o = t \cdot (b - 1) + 4 \cdot d_s = 0,046 \cdot (9 - 1) + 4 \cdot 0,038 = 1,794 \text{ м.}$$

Висновок: на основі проведених розрахунків приймаємо діаметр корпусу 1,8 м., кількість труб на головній діагоналі 37 шт., на стороні шестикутника 19 шт., крок – 46 мм.

4.3 Розрахунок товщини циліндричної обичайки навантаженої зовнішнім тиском

Метою розрахунку є визначення товщини стінки обичайки, що знаходиться під дією зовнішнього тиску.

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.4.

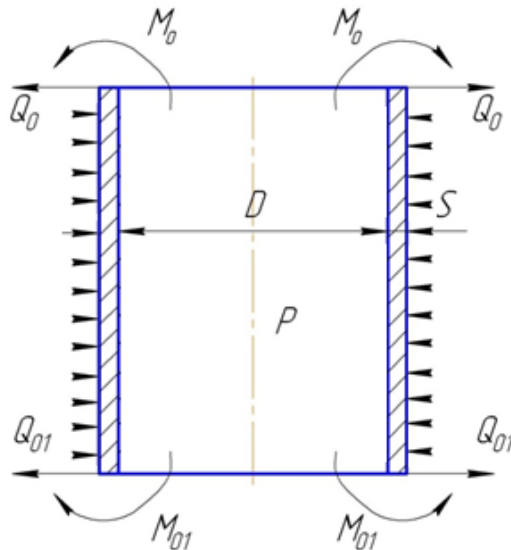


Рисунок 4.4 – Розрахункова схема циліндричної обичайки, навантаженої зовнішнім тиском

Вихідні дані:

діаметр D , м	1,8;
висота H , м	2,5;
тиск p_R , МПа	0,1;
допустиме напруження $[\sigma]$, МПа	167,84.

Розрахунок проведено за методикою, наведеною в літературі [20].

Визначення допоміжних коефіцієнтів:

$$K_1 = \frac{n_y \cdot P}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot E} = 0,321,$$

де $n_y = 1,5$ - коефіцієнт запасу міцності, $E = 1,95$ - модуль пружності.

$$K_3 = \frac{H}{D} = 1,389.$$

Відповідно до номограми наведеної [14, с. 8], визначаємо K_2 :

$$K_2 = 0,3.$$

Товщина стінки, м:

$$S_p = \max \left\{ K_2 \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 \cdot p \cdot D}{2 \cdot [\sigma]} \right\} = 0,0054.$$

Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії c_1 , м:

$$c_1 = 4 \cdot 10^{-3}.$$

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки у першому наближенні S , м:

$$S = S_R + c_1 = 9,4 \cdot 10^{-3}.$$

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску c_2 , м:

$$c_2 = 0,8 \cdot 10^{-3}.$$

Технологічний додаток до розрахункової товщини c_3 , м:

$$c_3 = 0.$$

Сума додатків розрахункової товщини c , м:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = 4,8 \cdot 10^{-3}.$$

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки S , м:

$$S = S_R + c = 10,2 \cdot 10^{-3}.$$

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $S = 12 \cdot 10^{-3}$ м.

Допустимий тиск із умови міцності, МПа :

$$[P]_{\pi} = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (S - c)}{D + S - c} = 1,337.$$

Допустимий тиск з умови стійкості в межах пружності, МПа .

$$[P]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot E \cdot D}{n_y \cdot B_1 \cdot L} \left(\frac{100 \cdot (S - c)}{D} \right)^{2,5} = 0,197.$$

де $L = H$ - приведена довжина, визначено з літератури [19].

$$B_1 = \min \left\{ 1; 9,45 \cdot \frac{D}{L} \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (S - c)}} \right\} = 1$$

Допустимий зовнішній тиск, МПа :

$$[P] = \frac{[P]_{\pi}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_{\pi}}{[P]_E} \right)^2}} = 0,195.$$

Умова міцності та стійкості, МПа :

$$[P] \geq P,$$

$$0,195 \text{ МПа} \geq 0,1.$$

Висновок: попередньо прийнята товщина стінки не забезпечує міцність та стійкість конструкції, орієнтуючись на розрахунок під дією зовнішнього тиску товщину обичайки приймаємо 12 мм. До методики розрахунку було створено відповідну програму автоматизованого розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки під дією зовнішнього тиску, складено блок – схему, таблицю ідентифікаторів, зазначені результати програмного розрахунку (таблиця Б).

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Розрахунок еліптичного днища

Метою розрахунку є визначення товщини стінки еліптичної кришки і перевірка її на міцність.

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.5.

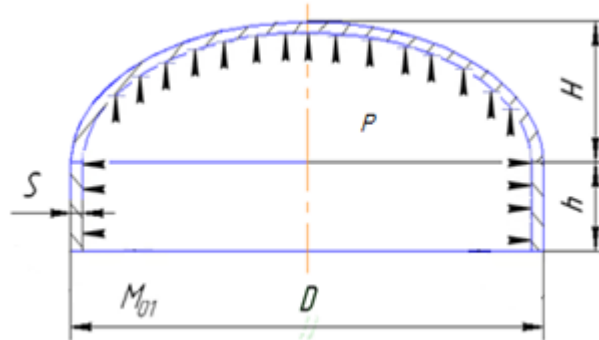


Рисунок 4.5 – Схема до розрахунку еліптичного днища

Вихідні дані:

діаметр апарата D , м 4;
тиск p_R , МПа 0,24;
допустиме напруження $[\sigma]$, МПа 167,84.

Розрахунок проведено за методикою, наведеною в літературі [21].

Внутрішній радіус кривизни у вершині днища R_e , м:

$$R_e = \frac{D^2}{4 \cdot h_b} = \frac{4^2}{4 \cdot 1} = 4,$$

де

$$h_b = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 4 = 1.$$

Допустиме напруження матеріалу кришки за розрахункової температури $[\sigma]$, за розрахункової температури $t=260^\circ\text{C}$ [20].

$$[\sigma] = 167,84 \text{ МПа}.$$

Розрахунковий коефіцієнт міцності зварного шва φ_p .

$$\varphi_p = 0,9.$$

Розрахункова товщина стінки днища S_R , м.

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_R = \frac{p \cdot R_e}{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p - p} = \frac{0,24 \cdot 4}{2 \cdot 167,84 \cdot 0,9 - 0,24} = 6,626 \cdot 10^{-3}.$$

Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії c_1 , м:

$$c_1 = 4 \cdot 10^{-3}.$$

Виконавча товщина стінки кришки у першому наближенні, м:

$$S = S_R + c_1 = (6,626 + 4) \cdot 10^{-3} = 10,626 \cdot 10^{-3}.$$

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску c_2 , м:

$$c_2 = 0,8 \cdot 10^{-3}.$$

Технологічний додаток до розрахункової товщини c_3 :

$$c_3 = 0.$$

Сума додатків розрахункової товщини c , м:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = (4 + 0,8 + 0) \cdot 10^{-3} = 4,8 \cdot 10^{-3}.$$

Виконавча товщина стінки днища, м:

$$S = S_R + c = (6,626 + 4,8) \cdot 10^{-3} = 11,426 \cdot 10^{-3}.$$

Приймаємо $S = 0,012$ м.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p \cdot (S - C)}{R_e + 0,5 \cdot (S - C)} = \frac{2 \cdot 168,74 \cdot 0,9 \cdot (12 - 4,8) \cdot 10^{-3}}{4 + 0,24 \cdot (12 - 4,8) \cdot 10^{-3}} = 0,273.$$

17. Перевірка умови міцності

$$[p] \geq p,$$

$$0,273 \text{ МПа} \geq 0,24 \text{ МПа}.$$

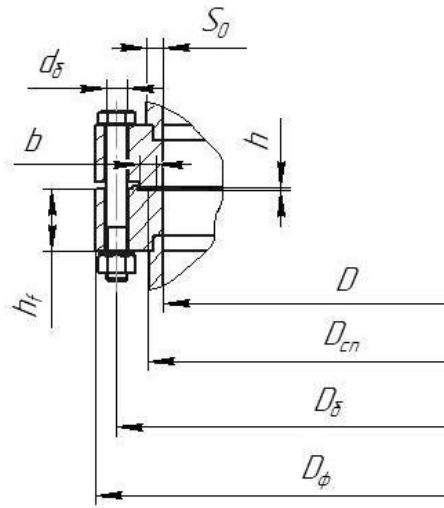
Висновок: умова міцності виконується, отже вибрана товщина стінки 0,012 м забезпечує міцність кришки апарата в умовах робочих навантажень.

					ЛН81м.65111.000ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.5 Розрахунок фланцевого з'єднання

Мета розрахунку: розрахувати фланцеве з'єднання, що складається з двох

плоских приварних фланців, зробити перевірку міцності прокладки та болтів, а також перевірити на міцність та герметичність фланцеве з'єднання.



Розрахункова схема фланцевого з'єднання показана на рисунку 4.6.

Рисунок 4.6 – Розрахункова схема фланцевого з'єднання

Вихідні дані:

внутрішній тиск P , МПа	0,24;
температура середовища t , °C	260,2;
внутрішній діаметр фланцевого з'єднання D , м	1,8;
товщина стінки апарату S_0 , м	0,016;
товщина прокладки h , м	0,002;
ширина прокладки b , м	0,02.

Розрахунок здійснено за методикою, наведеною у літературі [22].

Розрахунок допоміжних величин.

Відношення більшої товщини втулки до меншої приймаємо $\beta=1$.

Середній діаметр прокладки, м:

$$D_{\text{сп}} = D_{\text{п}} - b = 1,848 - 0,02 = 1,828,$$

де $D_{\text{п}}$ – зовнішній діаметр прокладки, м,

$$D_{\text{п}} = 1,848 ;$$

b – ширина прокладки, м:

$$b = 0,02.$$

Ефективна ширина прокладки, м:

$$\text{при } b > 0,015 \text{ м } b_{\text{Е}} = 0,06 \cdot \sqrt{b} = 0,06 \cdot \sqrt{0,02} = 8,485 \cdot 10^{-3}.$$

Конструктивний коефіцієнт для фланців:

$$K_{\phi} = \frac{D_{\phi}}{D} = \frac{1,93}{1,8} = 1,072,$$

де D_{ϕ} – зовнішній діаметр фланця.

Конструктивні коефіцієнти для фланців, м:

$$\lambda_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{\sqrt{D \cdot S_0}} = \frac{0,06}{\sqrt{1,8 \cdot 0,016}} = 0,354,$$

$$\lambda_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{\sqrt{D \cdot S_0}} = \frac{0,06}{\sqrt{1,8 \cdot 0,016}} = 0,354,$$

де $h_{\phi 1}$ та $h_{\phi 2}$ – висота першого та другого фланців, м:

$$h_{\phi 1} = h_{\phi 2} = 0,06.$$

Поправковий коефіцієнт для фланців, м:

$$\psi_{1\phi} = 1,28 \cdot \lg(K_{\phi}) = 1,28 \cdot \lg(1,072) = 0,039,$$

$$\psi_{2\phi} = \frac{K_{\phi} + 1}{K_{\phi} - 1} = \frac{1,072 + 1}{1,072 - 1} = 28,692.$$

Поправковий коефіцієнт для перерізу S_0 приймаємо $\psi_3 = 1$.

Геометричні параметри фланців:

$$j_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{S_0} = \frac{0,06}{0,016} = 3,75,$$

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$j_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{S_0} = \frac{0,06}{0,016} = 3,75.$$

Безрозмірний параметр фланців:

$$T_{\phi} = \frac{K_{\phi}^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \log(K_{\phi})) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot K_{\phi}^2) \cdot (K_{\phi} - 1)} = \frac{1,072^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \log(1,072)) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot 1,072^2) \cdot (1,072 - 1)} = 1,885.$$

Безрозмірні параметри фланців:

$$\begin{aligned} \omega_{\phi 1} &= [1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1} \cdot (1 + \psi_{1\phi} \cdot j_{\phi 1}^2)]^{-1} = \\ &= [1 + 0,9 \cdot 0,354 \cdot (1 + 0,039 \cdot 3,75^2)]^{-1} = 0,67, \\ \omega_{\phi 2} &= [1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2} \cdot (1 + \psi_{1\phi} \cdot j_{\phi 2}^2)]^{-1} = \\ &= [1 + 0,9 \cdot 0,354 \cdot (1 + 0,039 \cdot 3,75^2)]^{-1} = 0,67. \end{aligned}$$

Кутова піддатливість фланців, $\frac{1}{\text{МН} \cdot \text{м}^2}$:

$$y_{\phi 1} = \frac{[1 - \omega_{\phi 1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1})] \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 1}^3 \cdot E_{\phi 1}^t} = \frac{[1 - 0,67 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,354)] \cdot 28,692}{0,06^3 \cdot 1,95 \cdot 10^5} = 0,079,$$

$$y_{\phi 2} = \frac{[1 - \omega_{\phi 2} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2})] \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 2}^3 \cdot E_{\phi 2}^t} = \frac{[1 - 0,67 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,354)] \cdot 28,692}{0,06^3 \cdot 1,95 \cdot 10^5} = 0,079,$$

де $E_{\phi 1}^t$ та $E_{\phi 2}^t$ – модулі пружності матеріалу фланців, $E_{\phi 1}^t = E_{\phi 2}^t = 1,95 \cdot 10^5$ МПа.

Розрахункова довжина болтів фланцевого з'єднання, м:

$$L_{\text{Б}} = h_{\phi 1} + h_{\phi 2} + h + 0,28 \cdot d_{\text{Б}} = 0,06 + 0,06 + 0,002 + 0,28 \cdot 0,02 = 0,128,$$

де $d_{\text{Б}}$ – діаметр болта, $d_{\text{Б}} = 0,02$ м.

Лінійна піддатливість неметалевої прокладки, $\frac{\text{м}}{\text{НМ}}$:

$$y_{\Pi} = \frac{h}{\pi \cdot D_{\text{сн}} \cdot b \cdot E_n} = \frac{0,002}{3,14 \cdot 1,828 \cdot 0,02 \cdot 195} = 8,935 \cdot 10^{-5},$$

де E_n – модуль пружності прокладки, $E_n = 195$ МПа.

Площа поперечного перерізу болта, м^2 :

$$f_{\text{Б}} = 0,785 \cdot d_o^2 = 0,785 \cdot 0,023^2 = 2,35 \cdot 10^{-4},$$

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де d_o – діаметр отвору, $d_o = 0,023$ м.

Лінійна піддатливість болтів, $\frac{\text{м}}{\text{МН}}$:

$$y_B = \frac{L_B}{E_B^t \cdot f_B \cdot z_B} = \frac{0,128}{1,92 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 68} = 4,159 \cdot 10^{-5},$$

де E_B^t – модуль пружності болта, $E_B^t = 1,92 \cdot 10^5$ МПа;

z_B – кількість болтів у фланцевому з'єднанні, $z_B = 68$.

Параметр жорсткості фланцевого з'єднання, м/МН:

$$\begin{aligned} A_\phi &= [y_\Pi + y_B + 0,25 \cdot (y_{\phi 1} + y_{\phi 2}) \cdot (D_B - D_{\text{сп}})^2]^{-1} = \\ &= [8,935 \cdot 10^{-5} + 4,159 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (0,079 + 0,079) \cdot (1,89 - 1,828)^2]^{-1} = \\ &= 5865. \end{aligned}$$

Параметри жорсткості фланців, 1/МН:

$$B_{\phi 1} = y_{\phi 1} \cdot (D_B - D - S_o) = 0,079 \cdot (1,89 - 1,8 - 0,016) = 0,0058,$$

$$B_{\phi 2} = y_{\phi 2} \cdot (D_B - D - S_o) = 0,079 \cdot (1,89 - 1,8 - 0,016) = 0,0058.$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання:

$$\gamma = A_\phi \cdot y_B = 5865 \cdot 4,159 \cdot 10^{-5} = 0,147.$$

Безрозмірний коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\begin{aligned} \alpha_\phi &= A_\phi \cdot [y_B + 0,25 \cdot (B_{\phi 1} + B_{\phi 2}) \cdot (D_B - D_{\text{сп}})] = 5865 \cdot [4,159 \cdot 10^{-5} + \\ &0,25 \cdot (0,0058 + 0,0058) \cdot (1,89 - 1,828)] = 0,789, \end{aligned}$$

де D_B – діаметр болтового кола, $D_B = 1,89$ м.

Розрахунок болтів фланцевого з'єднання

$$t_\phi = t_\phi \cdot 0,97 = 252,4^\circ \text{C}$$

Рівнодіюча внутрішнього тиску, МН:

$$Q_d = 0,785 \cdot D_{\text{сп}}^2 \cdot p = 0,785 \cdot 1,828^2 \cdot 0,24 = 1,312.$$

Реакція прокладки у робочих умовах, МН:

$$\begin{aligned} R_n &= 2 \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_E \cdot m \cdot p = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,828 \cdot 8,485 \cdot 10^{-3} \cdot 2,5 \cdot 0,24 = \\ &0,122. \end{aligned}$$

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зусилля, що виникає від температурної деформації фланцевого з'єднання, МН:

$$Q_{t\phi} = \gamma \cdot z_B \cdot f_B \cdot E_B^t \cdot (\alpha_\phi^t \cdot t_\phi - \alpha_B^t \cdot t_B) = \\ = 0,147 \cdot 68 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1,95 \cdot 10^5 \cdot (1,7 \cdot 10^{-5} \cdot 151,1 - 12,2 \cdot 10^{-6} \cdot 143,55) \\ = 0,368 .$$

Монтажне болтове навантаження фланцевого з'єднання за різних умов розрахунку, МН:

$$P'_{B1} = \pi \cdot D_{cn} \cdot b_E \cdot q = 3,14 \cdot 1,828 \cdot 8,485 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 0,75 , \\ P''_{B1} = \alpha_\phi \cdot (Q_d + P) + R_n + \frac{4 \cdot M}{D_{cn}} = 0,789 \cdot (1,312 + 0) + 0,122 + \frac{4 \cdot 0}{1,828} = 1,156 . \\ P'''_{B1} = 0,4 \cdot [\sigma_B]^{20} \cdot Z_B \cdot f_B = 0,4 \cdot 130 \cdot 68 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} = 0,831 .$$

Розрахункове навантаження на болтир $\leq 0,6$ МПа, тому:

$$P_{B1} = \max\{P'_{B1}; P''_{B1}; P'''_{B1}\} = \max\{0,975; 1,156; 0,831\} = 1,156 \text{ МН} .$$

Умова міцності прокладки, МПа:

$$\frac{P_{B1}}{\pi \cdot D_{cn} \cdot b} = \frac{1,156}{3,14 \cdot 1,828 \cdot 0,02} = 10,07 \leq [q] = 130 .$$

Умова міцності виконується.

Болтове навантаження за робочих умов, МН:

$$P_{B2} = P_{B1} + (1 - \alpha_\phi) \cdot (Q_d + P) + Q_{t\phi} = \\ = 1,156 + (1 - 0,789) \cdot (1,312 + 0) + 0,368 = 1,802 .$$

Розрахункове навантаження на болти, МН:

$$P_{B\phi} = \max\{P_{B1}; P_{B2}\} = \{1,156; 1,802\} = 1,802 .$$

Напруження в болтах за умов монтажу, МН:

$$\sigma_B^{20} = \frac{P_{B1}}{z_B \cdot f_B} = \frac{1,156}{68 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 72,35 .$$

Напруження розтягування в болтах за робочих умов, МПа :

$$\sigma_B^t = \frac{P_{B2}}{z_B \cdot f_B} = \frac{1,802}{68 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 112,74 .$$

Скручуючий момент, що виникає від розтягування гайок, МН·м :

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{скр} = f_1 \cdot \frac{P_{Бф}}{z_B} \cdot d_B = 0,1 \cdot \frac{1,802}{68} \cdot 0,02 = 5,299 \cdot 10^{-5}.$$

Дотичне напруження в болтах, МПа:

$$\tau_B = \frac{M_{скр}}{0,2 \cdot d_o^3} = \frac{5,299 \cdot 10^{-5}}{0,2 \cdot 0,023^3} = 21,776.$$

Еквівалентні напруження в болтах, МПа:

$$\sigma_B^{20} = \sqrt{(\sigma_B^{20})^2 + 3 \cdot \tau_B^2} = \sqrt{72,345^2 + 3 \cdot 21,776^2} = 81,595,$$

$$\sigma_B^t = \sqrt{(\sigma_B^t)^2 + 3 \cdot \tau_B^2} = \sqrt{112,742^2 + 3 \cdot 21,776^2} = 118,883.$$

Умови міцності болтів, МПа:

$$\sigma_B^{20} = 81,595 \text{ МПа} \leq [\sigma_B]^{20} = 130,$$

$$\sigma_B^t = 118,883 \text{ МПа} \leq [\sigma_B]^t = 123,39.$$

Умови міцності виконуються.

Розрахунок фланців на міцність

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланців за умов монтажу, МН · м:

$$M_{01ф} = 0,5 \cdot P_{Бф} \cdot (D_B - D_{cn}) = 0,5 \cdot 1,156 \cdot (1,89 - 1,828) = 0,036.$$

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланця за робочих умов, МН · м:

$$M_{02ф} = 0,5 \cdot \left[P_{Б2} \cdot (D_B - D_{cn}) + Q_o \cdot (D_{cn} - D - S_o) \right] \cdot \frac{[\sigma_\phi]^{20}}{[\sigma_\phi]^t} =$$

$$= 0,5 \cdot \left[1,802 \cdot (1,89_B - 1,828) + 1,312 \cdot (1,828 - 1,8 - 0,016) \right] \cdot \frac{184}{167,84} = 0,07.$$

Розрахунковий згинаючий момент у діаметральному перерізі фланця, МН · м:

$$M_{0ф} = \max\{0,036; 0,07\} = \{0,015; 0,024\} = 0,07.$$

Максимальні напруження в перерізі S_o фланців від дії вигинаючого моменту $M_{0ф}$, МПа:

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{0\phi 1} = \psi_3 \cdot \frac{T_\phi \cdot M_{0\phi} \cdot \omega_{\phi 1}}{D^* \cdot (S_0 - c)^2} = 1 \cdot \frac{1,885 \cdot 0,07 \cdot 0,67}{1,8 \cdot (0,016 - 0,0048)^2} = 358,243,$$

$$\sigma_{0\phi 2} = \psi_3 \cdot \frac{T_\phi \cdot M_{0\phi} \cdot \omega_{\phi 2}}{D^* \cdot (S_0 - c)^2} = 1 \cdot \frac{1,885 \cdot 0,07 \cdot 0,67}{1,8 \cdot (0,016 - 0,0048)^2} = 358,243,$$

де $D^* = D = 1,8$ м, якщо $D = 1,8 \geq 20 \cdot S_0 = 20 \cdot 0,016 = 0,32$ м.

Максимальні кільцеві напруження в дисках фланців від дії згинаючого моменту $M_{0\phi}$, МПа:

$$\begin{aligned} \sigma_{\kappa\phi 1} &= \frac{M_{0\phi} \cdot [1 - \omega_{\phi 1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1})] \cdot \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi 1}^2} = \\ &= \frac{0,07 \cdot [1 - 0,67 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,354)] \cdot 28,692}{1,8 \cdot 0,06^2} = 35,968, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\kappa\phi 1} &= \frac{M_{0\phi} \cdot [1 - \omega_{\phi 2} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2})] \cdot \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi 2}^2} = \\ &= \frac{0,07 \cdot [1 - 0,67 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,354)] \cdot 28,692}{1,8 \cdot 0,06^2} = 35,968. \end{aligned}$$

Кільцеве та меридіанне напруження у циліндричній втулці фланця від дії внутрішнього тиску p , МПа:

$$\sigma_{x\phi 1} = \sigma_{x\phi 2} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S_0 - c)} = \frac{0,24 \cdot 1,8}{2 \cdot (0,016 - 0,0048)} = 38,462,$$

$$\sigma_{y\phi 1} = \sigma_{y\phi 2} = \frac{P \cdot D}{4 \cdot (S_0 - c)} = \frac{0,24 \cdot 1,8}{4 \cdot (0,016 - 0,0048)} = 19,231.$$

Еквівалентні напруження в перерізі циліндричної втулки фланців, МПа:

$$\begin{aligned} \sigma_{E\phi 1} &= \sqrt{(\sigma_{0\phi 1} + \sigma_{y\phi 1})^2 + \sigma_{x\phi 1}^2 - (\sigma_{0\phi 1} + \sigma_{y\phi 1}) \cdot \sigma_{x\phi 1}} = \\ &= \sqrt{(358,243 + 19,231)^2 + 38,462^2 - (358,243 + 19,231) \cdot 38,462} = 359,788, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{E\phi 2} &= \sqrt{(\sigma_{0\phi 2} + \sigma_{y\phi 2})^2 + \sigma_{x\phi 2}^2 - (\sigma_{0\phi 2} + \sigma_{y\phi 2}) \cdot \sigma_{x\phi 2}} = \\ &= \sqrt{(358,243 + 19,231)^2 + 38,462^2 - (358,243 + 19,231) \cdot 38,462} = 359,788. \end{aligned}$$

Умова міцності:

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[\sigma_{\phi 1}^{S_o}] = [\sigma_{\phi 2}^{S_o}] = 0,003 \cdot E_{\phi 1}^t = 0,003 \cdot E_{\phi 2}^t = 0,003 \cdot 1,95 \cdot 10^5 = 584,67 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{E\phi 1} = 359,788 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\phi 1}^{S_o}] \cdot \varphi = 584,67 \cdot 0,9 = 526,2 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{E\phi 2} = 359,788 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\phi 2}^{S_o}] \cdot \varphi = 584,67 \cdot 0,9 = 526,2 \text{ МПа.}$$

Умови міцності виконуються

Умови герметичності:

$$\text{При } D = 1,8 \leq 2 \text{ м } [\theta] = 0,009 \text{ рад}$$

$$\frac{\sigma_{\kappa\phi 1} \cdot D}{E_{\phi 1}^t \cdot h_{\phi 1}} = \frac{35,968 \cdot 1,8}{1,95 \cdot 0,06} = 0,006 < [\theta] = 0,009,$$

$$\frac{\sigma_{\kappa\phi 2} \cdot D}{E_{\phi 2}^t \cdot h_{\phi 2}} = \frac{35,968 \cdot 1,8}{1,95 \cdot 0,06} = 0,006 < [\theta] = 0,009.$$

Умови герметичності виконуються.

Висновок: В результаті розрахунку був прийнятий плоский приварний фланець для діаметра гріючої камери $D=1,8$ м, тиском $P=0,24$ МПа. Умови міцності та герметичності фланцевого з'єднання виконуються.

4.7 Розрахунок несучої спроможності вертикальних циліндричних обичайок від дії реакції опорних лап

Мета: перевірити несучу спроможність обичайки під дією опорних навантажень.

Вихідні данні

виліт опори l_1 , м	0,48;
товщина стінки апарату S , м	0,016;
висота опори h_1 , м	0,695;
діаметр апарату внутрішній D , м	1,8;
число опор z	4;
допустиме напруження $[\sigma]$, МПа	167,84;

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

ширина стійки b_4 , м 0,455;
 робочий тиск P , МПа 0,24;
 вага G , МН 0,36.

Розрахунок здійснено за методикою, наведеною у літературі [23].

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.7.

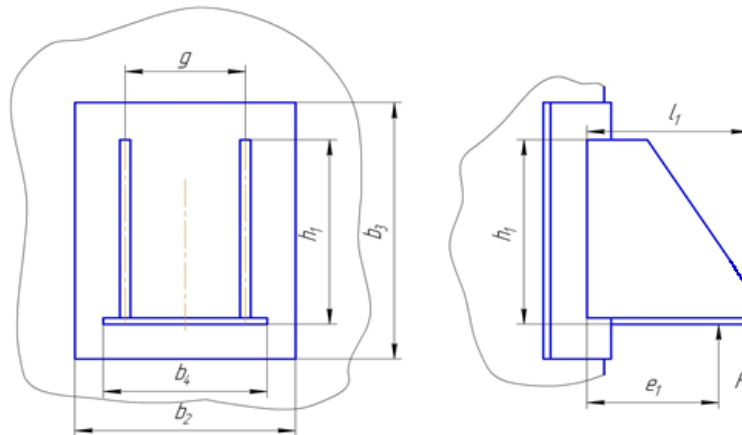


Рисунок 4.7 – Розрахункова схема

Розрахунковий діаметр обичайки, м:

$$D_R = D = 0,6.$$

Умова застосування формул:

$$\frac{(S-c)}{D_R} \leq 0,05$$

$$\frac{(0,016-0,0048)}{1,8} = 0,0062 \leq 0,05$$

де c – прибавка до товщини листа.

Умова виконується.

Відстань між точкою прикладання зусилля та обичайкою або підкладним листом, м:

$$e_1 = 5 \cdot l_1 / 6 = 5 \cdot 0,48 / 6 = 0,4.$$

Загальні мембранні напруження, МПа :

$$\sigma_{my} = \frac{P \cdot D_R}{2 \cdot (S - C)} = \frac{0,24 \cdot 1,8}{2 \cdot (0,016 - 0,0048)} = 40,18.$$

Коефіцієнт $K_2=1,2$ – для робочих умов

Коефіцієнт міцності зварного шва:

Якщо $f > \sqrt{D_R \cdot S}$ то $\phi = 1$, інакше ϕ - за умовою задачі.

$$\sqrt{D_R \cdot S} = \sqrt{1,8 \cdot 0,016} = 0,18 > 0,1$$

отже $\phi = 0,9$.

Перевірка несучої спроможності вузла приварки опорної лапи до циліндричної обичайки без підкладного листа.

Загальні мембранні напруження у циліндричних обичайках для $\phi = 0,9$:

$$\sigma_m = \sigma_{my} = 40,18 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт, що враховує ступінь навантаження загальними напруженнями:

$$v_2 = \frac{K_2}{n_T} \cdot \frac{\sigma_m}{[\sigma] \cdot \phi} = \frac{1,2}{1,5} \cdot \frac{40,18}{168,74 \cdot 0,9} = 0,213.$$

Коефіцієнт що враховує відношення місцевих мембранних напружень до місцевих напружень вигину.

Якщо $v_2 \geq 0, v_1 = 0,3$.

Коефіцієнт K_1

$$K_1 = \frac{1 + 3 \cdot v_1 \cdot v_2}{3 \cdot v_1^2} \cdot \left(\sqrt{\frac{9 \cdot v_1^2 (1 - v_2^2)}{(1 + 3 \cdot v_1 \cdot v_2)^2} + 1} - 1 \right) = \frac{1 + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,213}{3 \cdot 0,3^2} \cdot \left(\sqrt{\frac{9 \cdot 0,3^2 (1 - 0,213^2)}{(1 + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,213)^2} + 1} - 1 \right) = 1,072.$$

Граничне напруження вигину обичайки у місці приварки опорної лапи, МПа:

$$[\sigma_i] = K_1 \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2} = 1,072 \cdot 167,84 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 224,9.$$

Геометричні параметри конструктивних вузлів приєднання опорних лап до обичайки:

$$u = \ln \left[\frac{D_R}{2 \cdot (S - C)} \right] = \ln \left[\frac{1,8}{2 \cdot (0,016 - 0,0048)} \right] = 4,386,$$

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$y = \ln\left(\frac{h_1}{D_R}\right) = \ln\left(\frac{0,695}{1,8}\right) = -0,952,$$

$$y_1 = \ln\left(\frac{b_4}{D_R}\right) = \ln\left(\frac{0,455}{1,8}\right) = -1,375.$$

Коефіцієнт K_7 :

$$K_7 = f_1(u, y)$$

$$\ln z = (-5,964 - 11,395 \cdot u - 18,987 \cdot y - 2,413 \cdot u^2 - 7,286 \cdot uy - 2,042 \cdot y^2 + 0,1322 \cdot u^3 + 0,483 \cdot u^2 \times y + 0,8469 \cdot u \cdot y^2 + 1,428 \cdot y^3) \cdot 10^{-2}.$$

$$K_7 = z = 0,67.$$

Зусилля, що діє на опорну лапу, яка приварена до циліндричної обичайки МН:

$$F_1 = \frac{G}{2} + \frac{M}{D + 2 \cdot (e_1 + S)} = \frac{0,36}{2} + \frac{0,032}{1,8 + 2 \cdot (0,4 + 0,016)} = 0,192,$$

де $M = e \cdot D_R \cdot G = 0,05 \cdot 1,8 \cdot 0,36 = 0,023$ Нм, e – ексцентриситет центра мас.

Допустиме зусилля у вузлі приварки опорної лапи до обичайки, МН:

$$\text{Якщо } \frac{g}{h_1} = \frac{0,384}{0,695} = 0,418 < 0,5$$

$$[F_1] = \frac{[\sigma_i] \cdot h_1 \cdot (S - C)^2}{K_7 \cdot e_1} = \frac{224,9 \cdot 0,695 \cdot (0,016 - 0,0048)^2}{0,67 \cdot 0,4} = 0,077.$$

Умова несучої спроможності опорного вузла:

$$F_1 \leq [F_1].$$

$$0,192 > 0,077$$

Умова міцності несучої спроможності не виконується, потрібно використати підкладний лист.

Обираємо підкладний лист з геометричними розмірами, м:

$$b_2 = 0,6,$$

$$b_3 = 0,97,$$

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_2 = 0,02.$$

Умови застосування розрахункових формул при наявності підкладного листа:

$$\frac{S - c}{D_R} \leq 0,5,$$

$$\frac{0,016 - 0,0048}{1,8} = 0,006 \leq 0,5,$$

$$q \geq 0,2 \cdot h_1,$$

$$0,384 \geq 0,2 \cdot 0,695 = 0,139,$$

$$b_2 \geq 0,6 \cdot b_3,$$

$$0,6 \geq 0,6 \cdot 0,97 = 0,582,$$

$$b_3 \leq 1,5 \cdot h_1,$$

$$0,97 \leq 1,5 \cdot 0,695 = 1,042,$$

$$S_2 \geq S,$$

$$0,02 \geq 0,016.$$

Умови застосування розрахункових формул виконуються.

Загальні мембранні напруження опор в обичайці, МПа :

$$\sigma_m = \sigma_{my} = 40,18 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт, який враховує ступінь навантаження загальними напруженнями:

$$v_2 = \frac{K_2}{n_T} \cdot \frac{\sigma_m}{[\sigma] \cdot \phi} = \frac{1,2}{1,5} \cdot \frac{40,18}{168,74 \cdot 0,9} = 0,213.$$

Коефіцієнт що враховує відношення місцевих мембранних напружень до місцевих напружень вигину.

Якщо $v_2 \geq 0, v_1 = 0,4$.

Коефіцієнт K_1

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_1 = \frac{1 + 3 \cdot v_1 \cdot v_2}{3 \cdot v_1^2} \cdot \left(\sqrt{\frac{9 \cdot v_1^2 (1 - v_2^2)}{(1 + 3 \cdot v_1 \cdot v_2)^2} + 1} - 1 \right) =$$

$$= \frac{1 + 3 \cdot 0,4 \cdot 0,213}{3 \cdot 0,4^2} \cdot \left(\sqrt{\frac{9 \cdot 0,4^2 (1 - 0,213^2)}{(1 + 3 \cdot 0,4 \cdot 0,213)^2} + 1} - 1 \right) = 0,963.$$

Граничне напруження вигину обичайки у місці приварки опорної лапи, МПа :

$$[\sigma_i] = K_1 \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2} = 0,963 \cdot 167,84 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 202,1.$$

Геометричні параметри конструктивних вузлів приєднання опорних лап до обичайки з підкладним листом:

$$y_2 = \ln \left(\frac{b_3}{D_R} \right) = \ln \left(\frac{0,97}{1,8} \right) = -0,618,$$

Коефіцієнт K_8 , визначається як:

$$K_8 = \min \{ f_1(u, y); f(u, y_2) \} = \min \{ 0,67; 0,254 \} = 0,254,$$

де $f_2(u, y_2)$:

$$K_8 = f_2(u, y_2)$$

$$\ln(v) = (-49,919 - 39,119 \cdot u - 107,01 \cdot y_2 - 1,694 \cdot u^2 - 11,920 \cdot u \cdot y_2 -$$

$$- 39,276 \cdot y_2 + 0,237 \cdot u^3 + 1,608 \cdot u^2 \cdot y_2 + 2,716 \cdot u \cdot y_2 - 3,854 \cdot y_2^3) \cdot 10^{-2}$$

$$K_8 = 0,254.$$

Зусилля що діють на опорну лапу, яка приварена до обичайки з підкладним листом:

$$F_1 = \frac{G}{2} + \frac{M}{D + 2 \cdot (e_1 + S + S_2)} = \frac{0,36}{2} + \frac{0,032}{1,8 + 2 \cdot (0,4 + 0,016 + 0,020)} = 0,192 \text{ МН.}$$

Допустиме зусилля в вузлі приварки опорної лапи до обичайки з підкладним листом:

$$\text{Якщо } \frac{b_2}{b_3} = \frac{0,6}{0,97} = 0,619 > 0,5 \text{ то:}$$

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[F_1] = \frac{[\sigma_i] \cdot b_3 \cdot (S - C)^2}{K_8 \cdot (e_1 + S_2)} = \frac{224,9 \cdot 0,97 \cdot (0,016 - 0,0048)^2}{0,254 \cdot (0,4 + 0,02)} = 0,23 \text{ МН.}$$

Висновок: умова несучої спроможності виконується, за умови збільшення товщини обичайки до 0,016 м, та введення в конструкцію підкладного листа товщиною 0,02 м.

4.8 Розрахунок товщини теплової ізоляції

Мета: розрахувати товщину теплової ізоляції.

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.9.

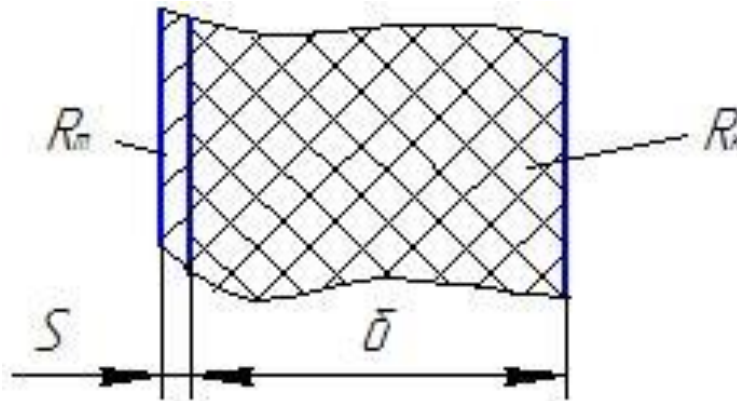


Рисунок 4.9 – Розрахункова схема

Вихідні дані:

матеріал 12X18H10T;
діаметр корпусу D, м 1,8;
температура розчину t_w , °C 260,2.

Товщину теплової ізоляції розраховуємо за методикою [24].

Середня температура теплоізоляційного шару для об'єктів, розташованих на відкритому повітрі, становить, °C:

влітку

$$t_m = \frac{t_w + 40}{2} = \frac{260,2 + 40}{2} = 150,1,$$

взимку

$$t'_m = \frac{t_w}{2} = \frac{260,2}{2} = 130,1.$$

Теплопровідність теплоізоляційного шару в конструкції, Вт/(м·К):
влітку

$$\lambda_k = 0,049 + 0,0002 \cdot t_m = 0,049 + 0,0002 \cdot 150,1 = 0,079,$$

взимку

$$\lambda'_k = 0,049 + 0,0002 \cdot t'_m = 0,049 + 0,0002 \cdot 130,1 = 0,075.$$

Оскільки $\lambda_k > \lambda'_k$, то розраховується тільки для літніх умов, Вт/(м·К):

$$\lambda_k = 0,068.$$

Опір теплопередачі теплоізоляційної конструкції, (м² · К)/Вт:

$$R_{tot} = \frac{t_w - t_e}{q \cdot K_1} = \frac{260,2 - 20}{68 \cdot 1} = 3,53.$$

де q – нормована поверхня щільності теплового потоку, Вт/м²К.

Для території України $K_1 = 1,0$.

Термічний опір теплоізоляційної конструкції, м²К/Вт:

$$R_k = R_{tot} - \frac{1}{\alpha_e} - R_m = 3,53 - \frac{1}{7} - 0 = 3,387,$$

де $\alpha_e = 7$ Вт/м²К, коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні ізоляції до оточуючого середовища, за умови що апарат встановлений в приміщенні.

Оскільки обичайка корпусу апарата виготовлена зі сталевого прокату, то термічний опір $R_m = 0$.

Товщина теплоізоляційного шару δ_k , м:

$$\delta_k = \lambda_k \cdot R_k = 0,068 \cdot 3,387 = 0,23.$$

Товщина теплоізоляційного виробу δ_1 з матеріалів, що ущільнюються, до встановлення на ізольовану поверхню визначаємо з урахуванням

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнта ущільнення K_c , який для мінераловатних прошивних мат. становить 1,2.

Тоді за формулою товщина δ_1 , м:

$$\delta_1 = \delta_k \cdot K_c \cdot \frac{d + \delta_k}{d + 2 \cdot \delta_k} = 0,231,2 \cdot \frac{1,832 + 0,23}{1,832 + 2 \cdot 0,23} = 0,248.$$

де $d = D + 2 \cdot S = 1,8 + 2 \cdot 0,016 = 1,832$ м, зовнішній діаметр.

Висновок: Відповідно до ГОСТ 21880-94 теплоізоляційного шару виконується з мінераловатного прошивного матеріалу марки 125, товщина становить 250 мм

4.9 Розрахунок сепаратору

Вихідні дані:

масова витрата пародійної суміші G , кг/с	6,75;
робочій тиск P , Мпа	0.24;
кінцева концентрація гліцерину x_2	0,45;
температура на вході в сепаратор T , К	399;
густина водир ρ_g ,	940;
густина водяної пари $\rho_{g,n}$, кг/м ³	1,3;
в'язкість суміші μ_{sum} , Па · с	$1,324 \cdot 10^{-5}$;
густина гліцерину ρ_g , кг/м ³	1126;
діаметр частинок які уловлюються d_q , мм:	$10 \cdot 10^{-6}$.

Метою розрахунку є визначення геометричних розмірів апарату. Розрахунок виконано за методикою для забезпечення уловлювання частинок заданим діаметром. [25]. Схема сепаратора циклонного типу наведена на рисунку 4.10.

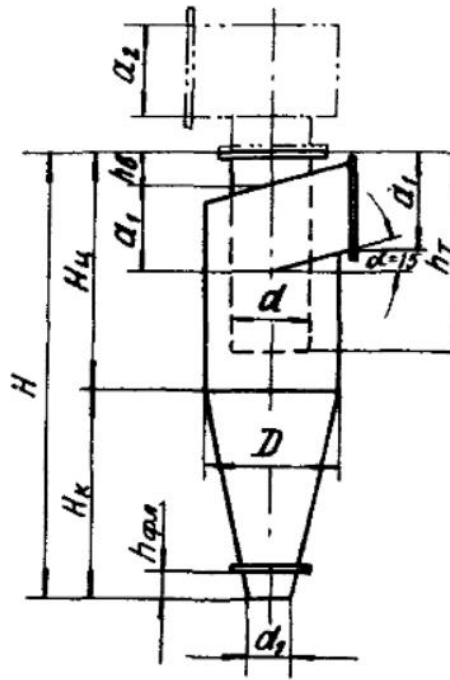


Рисунок 4.10 – Схема сепаратора циклонного типу

Обираємо для розрахунків циклон конструкції НИИОГАЗ, типу ЦН-15У. Згідно з рекомендацій [25] приймаємо оптимальну швидкість газу в циклоні $W_{\text{опт}} = 3,5 \text{ м/с}$.

Розраховуємо густину суміші (паро-рідинної)

В 1 кг суміші знаходиться m - 0,0959 кг водяної пари за T - 448 К, та тиску 0,24 МПа

Об'єм водяної пари в 1 кг суміші, м^3 :

$$V_{\text{в.п}} = \frac{m}{\rho_{\text{в.п}}} = \frac{0,0959}{1,3} = 0,0738.$$

Об'єм гліцерину в 1 кг суміші, м^3 :

$$V_{\text{г}} = \frac{(1-m) \cdot x_{\text{г.г}}}{\rho_{\text{г}}} = \frac{(1-0,0959) \cdot 0,45}{1126} = 3,613 \cdot 10^{-4}.$$

Об'єм вод. рідини в 1 кг суміші, м^3 :

$$V_{\epsilon} = \frac{(1-m) \cdot (1-x_{n,z})}{\rho_{\epsilon}} = \frac{(1-0,0959) \cdot (1-0,45)}{940} = 5,29 \cdot 10^{-4}.$$

Сумарний об'єм суміші, м³:

$$V_{\text{сум.}} = V_{\epsilon} + V_{\epsilon.n.} + V_z = 5,29 \cdot 10^{-4} + 0,0738 + 3,613 \cdot 10^{-4} = 0,0747.$$

Густина суміші в 1 кг, кг/м³:

$$\rho_{\text{сум}} = \frac{1}{V_{\text{сум.}}} = \frac{1}{0,0747} = 13,387.$$

Об'ємна витрата, м³/с:

$$V_y = \frac{G}{\rho_{\text{см}}} = \frac{6,758}{13,387} = 0,505.$$

Загальна площа циклона, м³:

$$F_{\text{ц}} = \frac{V_y}{W_{\text{опт}}} = \frac{0,505}{3,5} = 0,144.$$

Діаметр циклона, м:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{ц}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,144}{3,14}} = 0,428.$$

Варіант розрахунку №1. Приймаємо значення діаметра $D_{\text{ц}} = 0,4$ м.

Дійсна швидкість газу в циклоні, м/с:

$$W_{\text{ц}} = \frac{4 \cdot V_y}{\pi \cdot D_{\text{ц}}^2} = \frac{4 \cdot 0,505}{3,14 \cdot 0,4^2} = 4.$$

Діаметр частинок, що уловлюються на 50%, м:

$$d_{50} = d_{50}^T \cdot \sqrt{\frac{D_{\text{ц}} \cdot \rho^T \cdot \mu_{\text{сум}} \cdot W^T}{D_{\text{ц}}^T \cdot \rho_z \cdot \mu^T \cdot W_{\text{ц}}}} = 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{0,4 \cdot 1930 \cdot 1,324 \cdot 10^{-5} \cdot 3,5}{0,6 \cdot 940 \cdot 22,2 \cdot 10^{-6} \cdot 4}} = 3,803 \cdot 10^{-6}$$

де $d_{50}^T = 4,5 \cdot 10^{-6}$ м - діаметр частинок, що уловлюються на 50% за стандартних умов [28];

$D_{\text{ц}}^T = 0,6$ м - діаметр циклона за стандартних умов[25];

$\rho^T = 1930$ кг/м³ - густина частинок за стандартних умов[25];

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\mu^T = 22,2 \cdot 10^{-6}$ Па · с - в'язкість газу за стандартних умов [25];

$W^T = 3,5$ м/с - швидкість газу в циклоні за стандартних умов [25].

Параметр для знаходження значення нормальної функції розподілу:

$$X = \frac{\lg\left(\frac{d_q}{d_{50}}\right)}{\sqrt{\lg(\sigma_\eta)^2 + \lg(\sigma_q)^2}} = \frac{\lg\left(\frac{10 \cdot 10^{-6}}{3,803 \cdot 10^{-6}}\right)}{\sqrt{0,283^2 + 0,152^2}} = 1,307,$$

де $\lg(\sigma_\eta) = 0,283$ - величина що характеризує дисперсію частинок для даного типу циклону [25];

$\lg(\sigma_q) = 0,152$ - величина що характеризує дисперсію для частинок що осаджуються [25].

Для даного параметру значення нормальної функції розподілу [25]:

$$\Phi(x) = 0,903.$$

Повний коефіцієнт очищення газу, %:

$$\eta = 50[1 + \Phi(x)] = 50[1 + 0,903] = 95,15.$$

Варіант розрахунку №2. Приймаємо значення діаметра $D_\kappa = 0,5$ м.

Дійсна швидкість газу в циклоні, м/с:

$$W_\kappa = \frac{4 \cdot V_y}{\pi \cdot D_\kappa^2} = \frac{4 \cdot 0,505}{3,14 \cdot 0,5^2} = 2,572.$$

Діаметр частинок, що уловлюються на 50%, м:

$$d_{50} = d_{50}^T \cdot \sqrt{\frac{D_\kappa \cdot \rho^T \cdot \mu_{\text{сум}} \cdot W^T}{D_\kappa^T \cdot \rho_\pi \cdot \mu^T \cdot W_\kappa}} = 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{0,5 \cdot 1930 \cdot 1,324 \cdot 10^{-5} \cdot 3,5}{0,6 \cdot 940 \cdot 22,2 \cdot 10^{-6} \cdot 2,572}} = 3,937 \cdot 10^{-6},$$

де $d_{50}^T = 4,5 \cdot 10^{-6}$ м - діаметр частинок, що уловлюються на 50% за стандартних умов [25];

$D_\kappa^T = 0,6$ м - діаметр циклона за стандартних умов [25];

$\rho^T = 1930$ кг/м³ - густина частинок за стандартних умов [25];

$\mu^T = 22,2 \cdot 10^{-6}$ Па · с - в'язкість газу за стандартних умов [25];

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$W^T = 3,5$ м/с - швидкість газу в циклоні за стандартних умов [25].

Параметр для знаходження значення нормальної функції розподілу:

$$X = \frac{\lg\left(\frac{d_q}{d_{50}}\right)}{\sqrt{\lg(\sigma_\eta)^2 + \lg(\sigma_q)^2}} = \frac{\lg\left(\frac{10 \cdot 10^{-6}}{3,937 \cdot 10^{-6}}\right)}{\sqrt{0,283^2 + 0,152^2}} = 1,26,$$

де $\lg(\sigma_\eta) = 0,283$ - величина що характеризує дисперсію частинок для даного типу циклону [25];

$\lg(\sigma_q) = 0,152$ - величина що характеризує дисперсію для частинок що осаджуються [25].

Для даного параметру значення нормальної функції розподілу [25]:

$$\Phi(x) = 0,891.$$

Повний коефіцієнт очищення газу, %:

$$\eta = 50[1 + \Phi(x)] = 50[1 + 0,891] = 94,55.$$

Варіант розрахунку №3. Приймаємо значення діаметра $D_\kappa = 0,6$ м.

Дійсна швидкість газу в циклоні, м/с:

$$W_\kappa = \frac{4 \cdot V_y}{\pi \cdot D_\kappa^2} = \frac{4 \cdot 0,505}{3,14 \cdot 0,6^2} = 1,786.$$

Діаметр частинок, що уловлюються на 50%, м:

$$d_{50} = d_{50}^T \cdot \sqrt{\frac{D_\kappa \cdot \rho^T \cdot \mu_{\text{сум}} \cdot W^T}{D_\kappa^T \cdot \rho_\kappa \cdot \mu^T \cdot W_\kappa}} = 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{0,6 \cdot 1930 \cdot 1,324 \cdot 10^{-5} \cdot 3,5}{0,6 \cdot 940 \cdot 22,2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,786}} = 4,312 \cdot 10^{-6}$$

де $d_{50}^T = 4,5 \cdot 10^{-6}$ м - діаметр частинок, що уловлюються на 50% за стандартних умов [25];

$D_\kappa^T = 0,6$ м - діаметр циклона за стандартних умов [25];

$\rho^T = 1930$ кг/м³ - густина частинок за стандартних умов [25];

$\mu^T = 22,2 \cdot 10^{-6}$ Па · с - в'язкість газу за стандартних умов [25];

$W^T = 3,5$ м/с - швидкість газу в циклоні за стандартних умов [25].

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметр для знаходження значення нормальної функції розподілу:

$$X = \frac{\lg\left(\frac{d_q}{d_{50}}\right)}{\sqrt{\lg(\sigma_\eta)^2 + \lg(\sigma_q)^2}} = \frac{\lg\left(\frac{10 \cdot 10^{-6}}{4,312 \cdot 10^{-6}}\right)}{\sqrt{0,283^2 + 0,152^2}} = 1,137,$$

де $\lg(\sigma_\eta) = 0,283$ - величина що характеризує дисперсію частинок для даного типу циклону [25];

$\lg(\sigma_q) = 0,152$ - величина що характеризує дисперсію для частинок що осаджуються [25].

Для даного параметру значення нормальної функції розподілу [25]:

$$\Phi(x) = 0,869.$$

Повний коефіцієнт очищення газу, %:

$$\eta = 50[1 + \Phi(x)] = 50[1 + 0,869] = 93,45.$$

Остаточно приймаємо діаметр циклона $D_{\text{ц}} = 0,4$ м, який відповідає найбільшому коефіцієнту очищення газу – 95,15.

Основні розміри циклону зображені на рисунку 4.11.

D	d	d_1	b	b_1	a_1	b_2	a_2	l_1	l_2	h_T	h_b	$h_{\phi n}$	$H_{\text{ц}}$	H_k
0,4	0,24	0,14	0,08	0,104	0,264	0,104	0,264	0,24	0,24	0,6	0,12	0,04	0,604	0,6

Рисунок 4.11 – Основні розміри циклону типу ЦН-15У, мм

Гідравлічний опір циклона, Па:

$$\Delta P_{\text{ц}} = \xi_{\text{ц}} \cdot \frac{W_{\text{ц}}^2 \cdot \rho_{\text{сум}}}{2} = 70 \cdot \frac{4^2 \cdot 13,387}{2} = 7496,72,$$

де $\xi_{\text{ц}} = 70$ - коефіцієнт супротиву [26].

Перевірочний розрахунок[27].

Розраховує масову щільність зрошення, кг/(м·с);

$$\Gamma = \frac{\rho_{\text{сум}} V_y}{\pi \cdot D} = \frac{6,11}{3,14 \cdot 0,4} = 4,865.$$

Хвилі на поверхні плівки никають за умови:

$$Re_{\text{рід}} = \frac{4\Gamma}{\mu_{\text{сум}}} > 30 \Rightarrow 4 \cdot \frac{4,865}{2,276 \cdot 10^{-2}} = 854,759 > 30;$$

де $\mu_{\text{сум}}$ - динамічна в'язкість рідкої суміші, Па·с- $2,276 \cdot 10^{-2}$

Визначаємо критерій Живайкіна–Волгіна;

$$P = \frac{100v_{\text{рід}}}{Re_{\text{рід}}^{0,25}} = \frac{100 \cdot 0,033}{854,759^{0,25}} = 0,602,$$

де $v_{\text{рід}}$ - кінетична в'язкість рідкої суміші, $\text{см}^2/\text{с} = 0,033$

Краплі відриваються від поверхні плівки за умови:

$$W_{\text{опт}} \geq \frac{P\sigma}{\mu_{\text{сум}}} \Rightarrow 3,5 \geq \frac{0,602 \cdot 1,8 \cdot 10^{-2}}{2,276 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow 3,5 \geq 3,223,$$

де $\sigma = 1,8 \cdot 10^{-2}$ - поверхневий натяг рідини, Н/м.

Отже відбувається зрив крапель рідини з поверхні плівки, що стікає під дією сили гравітації, тому доцільно модернізувати відцентровий сепаратор, шляхом встановлення елемента вловлювання бризок, та перевірити знову умову відриву крапель від поверхні плівки.

Розраховуємо масову щільність зрошення (уточнену), $\text{кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$:

$$\Gamma_y = \frac{\rho_{\text{сум}} V_{\text{рід}}}{\pi \cdot D} = \frac{3,055}{3,14 \cdot 0,4} = 2,432.$$

Хвилі на поверхні плівки виникають за умови:

$$Re_{\text{рід}} = \frac{4\Gamma_y}{\mu_{\text{сум}}} > 30 \Rightarrow 4 \cdot \frac{2,432}{2,276 \cdot 10^{-2}} = 427,38 > 30.$$

Визначаємо критерій Живайкіна–Волгіна;

$$P = \frac{100v_{\text{рід}}}{Re_{\text{рід}}^{0,25}} = \frac{100 \cdot 0,033}{427,38^{0,25}} = 0,716.$$

Краплі відриваються від поверхні плівки за умови:

$$W_{\text{опт}} \geq \frac{P\sigma_y}{\mu_{\text{сум}}} \Rightarrow 3,5 \geq \frac{0,716 \cdot 1,8 \cdot 10^{-2}}{2,276 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow 3,5 \geq 3,832.$$

Таким чином, і відцентровий сепаратор працює без виносу бризок на максимальній швидкості повітря 3,832 м/с.

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Висновок: в результаті розрахунку був обраний циклон типу ЦН-15У, з діаметром –0,4 м і висотою – 1,324 м із гідравлічним опором - 7496,72 Па. Коефіцієнт очищення газу для якого - 95.15%, що задовольняє поставлену задачу.

4.10 Розрахунок товщини циліндричної обичайки навантаженої внутрішнім тиском

Метою розрахунку є визначення товщини стінки обичайки, що знаходиться під дією внутрішнього тиску, із урахуванням додатків на корозію та перевірка її на міцність.

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.12.

Вихідні дані:

розрахункова температура t_k , °C, 175;

тиск, у міжтрубному просторі p_{MT} , МПа 0,24;

діаметр D_3 , м 0,4;

матеріал Сталь 12X18H10T.

Розрахунок проведено за методикою, наведеною в літературі [20].

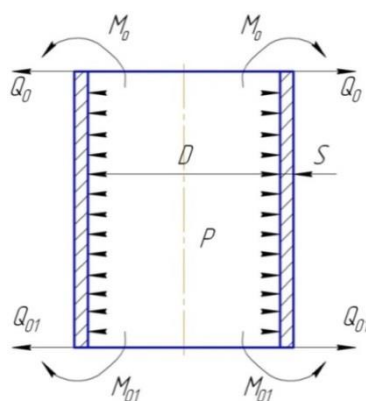


Рисунок 4.12 – Розрахункова схема циліндричної обичайки, навантаженої внутрішнім тиском

Для сталі марки 12X18H10T за розрахункової температури $t=175^{\circ}\text{C}$ допустиме напруження [20], МПа:

$$[\sigma]=167,84.$$

Розрахунковий коефіцієнт міцності зварного шва ϕ_p .

$$\phi_p=0,9$$

Розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки S_R , м.

$$S_R = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p - p} = \frac{0,24 \cdot 0,4}{2 \cdot 167,84 \cdot 0,9 - 0,24} = 3,313 \cdot 10^{-4}.$$

Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії C_1 , м:

$$c_1 = 4 \cdot 10^{-3}.$$

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки у першому наближенні, м:

$$S = S_R + c_1 = (0,4141 + 4) \cdot 10^{-3} = 4,331 \cdot 10^{-3}.$$

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску c_2 , м:

$$c_2 = 0,8 \cdot 10^{-3}.$$

Граничне відхилення по товщині прокату листового прокату залежно від товщини приймається за [21].

Технологічний додаток до розрахункової товщини c_3 :

$$c_3 = 0.$$

Сума додатків, м:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = (4 + 0,8 + 0) \cdot 10^{-3} = 4,8 \cdot 10^{-3}.$$

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки S , м:

$$S = S_R + c = (0,3313 + 4,8) \cdot 10^{-3} = 5,131 \cdot 10^{-3}.$$

Приймаємо $S = 8 \cdot 10^{-3}$ м.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск $[p]$, МПа:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p \cdot (S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot [167,84] \cdot 0,9 \cdot (6 - 4,8)}{400 + 6 - 4,8} = 0,9.$$

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Перевірка умови міцності

$$p \leq [p], \quad 0,24 \text{ МПа} \leq 0,9 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується, отже вибрана товщина стінки 0,006 м обичайки забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень.

Висновок: умова міцності виконується, отже вибрана товщина стінки 0,006 м обичайки забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень.

4.11 Розрахунок конічного днища

Метою розрахунку є визначення товщини стінки конічного днища і перевірка його на міцність. Розрахункова схема наведена на рисунку 4.13

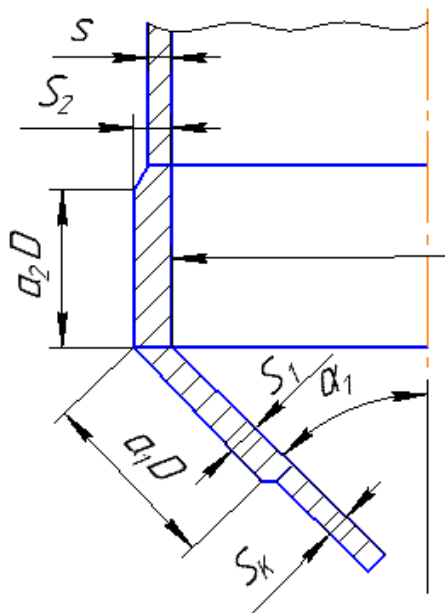


Рисунок 4.13 – Схема до розрахунку конічного днища

Вихідні дані:

діаметр апарата D , м	0,4;
тиск p_R , МПа	0,24;
допустиме напруження $[\sigma]$, МПа	167,84.
товщина стінки S , мм	6;

діаметр отвору d , мм 140;

додаток до розрахункової довжини c , мм 4,8.

Розрахунок проведено за методикою, наведеною в літературі [20].

Розрахунок довжини перехідних частин, м:

$$a_1 = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{D}{\cos \alpha_1} \cdot (S - c)} = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{0,4}{\cos 60^\circ} \cdot (0,006 - 0,0048)} = 0,022.$$

Розрахунок діаметру гладкої конічної обичайки, м:

$$\begin{aligned} D_K &= D - 2 \cdot [d \cdot (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) + 0,7 \cdot a_1 \cdot \sin \alpha_1] = \\ &= 0,4 - 2 \cdot [0,14 \cdot (\cos 0^\circ - \cos 60^\circ) + 0,7 \cdot 0,022 \cdot \sin 60^\circ] = 0,234. \end{aligned}$$

Розрахунок товщини стінки, м:

$$S_{KR} = \frac{P \cdot D_K}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_1} = \frac{0,4 \cdot 0,234}{2 \cdot 167,84 \cdot 0,9 - 0,24} \cdot \frac{1}{\cos 60^\circ} = 3,716 \cdot 10^{-4}.$$

Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії c_1 , м:

$$c_1 = 4 \cdot 10^{-3}.$$

Виконавча товщина стінки у першому наближенні, м:

$$S_K = S_{KR} + c_1 = (0,3716 + 4) \cdot 10^{-3} = 4,372 \cdot 10^{-3}.$$

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску C_2 , м:

$$c_2 = 0,8 \cdot 10^{-3}.$$

Технологічний додаток до розрахункової товщини c_3 :

$$c_3 = 0.$$

Сума додатків розрахункової товщини c , м:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = (4 + 0,8 + 0) \cdot 10^{-3} = 4,8 \cdot 10^{-3}.$$

Дійсна товщина стінки днища, м:

$$S = S_K + c = (0,3716 + 4,8) \cdot 10^{-3} = 5,171 \cdot 10^{-3}.$$

Приймаємо $S = 0,01$ м.

					ЛН81м.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p \cdot (S - C)}{\frac{D}{\cos \alpha_1} + S - C} = \frac{2 \cdot 167,84 \cdot 0,9 \cdot (6 - 4,8) \cdot 10^{-3}}{\frac{0,4}{\cos 60^\circ} + (6 - 4,8) \cdot 10^{-3}} = 0,77$$

Перевірка умови міцності

$$[p] \geq p$$

$$0,77 \text{ МПа} \geq 0,24 \text{ МПа}$$

Висновок: Таким чином, умова міцності виконується, отже вибрана товщина стінки 0,006 м забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень.

4.12 Розрахунок штуцерів

Мета розрахунку: визначення розмірів штуцерів, в залежності від швидкості руху теплоносіїв та їх масових витрат.

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.14.

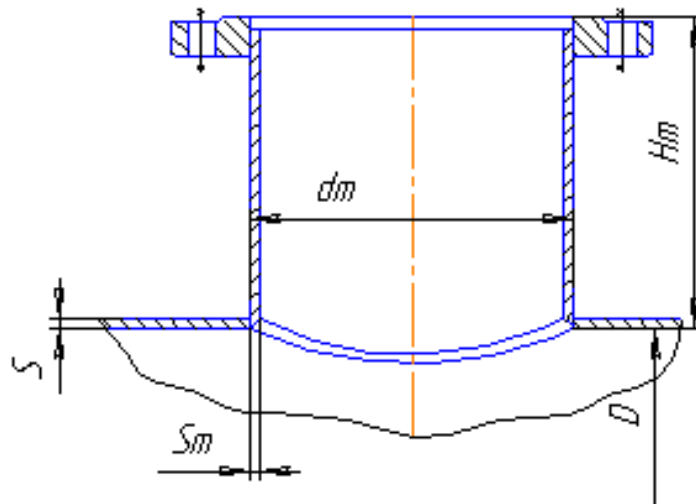


Рисунок 4.14 – Розрахунок штуцерів

Вихідні дані:

витрати води на виході $G_{г.п.}$, кг/с 0,648;

вхідна кількість розчину $G_{п.}$, кг/с 6,758;

вихідна кіськість розчину $G_{\text{упр}}$, кг/с

6,11;

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в[16].

Згідно рекомендацій наведених [16] приймаємо рекомендовану швидкість руху розчину на вході $\omega_{\text{п}}=3,5$ м/с, на виході $\omega_{\text{г.п.}}=1$ м/с, води на виході $\omega_{\text{в.т.}}=20$ м/с.

Вхід розчину, м:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot G_n}{\pi \cdot \rho_p \cdot \omega_p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,758}{3,14 \cdot 1060,29 \cdot 3,5}} = 0,074.$$

Приймаємо:

$$d_3 = 0,85 \text{ м}, d_{\text{вн}} = 0,75 \text{ м}.$$

Дійсна швидкість, м/с:

$$\omega_p = \frac{4 \cdot G_n}{\pi \cdot \rho_p \cdot d_{\text{вн}}^2} = \frac{4 \cdot 6,758}{3,14 \cdot 1060,29 \cdot 0,75^2} = 3,487.$$

Вихід розчину, м:

$$d_{\text{упр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{упр}}}{\pi \cdot \rho_{\text{упр}} \cdot \omega_{\text{упр}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,11}{3,14 \cdot 1126,2 \cdot 1}} = 0,099.$$

Приймаємо:

$$d_3 = 0,110 \text{ м}, d_{\text{вн}} = 0,1 \text{ м}.$$

Дійсна швидкість, м/с:

$$\omega_{\text{упр}} = \frac{4 \cdot G_{\text{упр}}}{\pi \cdot \rho_{\text{упр}} \cdot d_{\text{вн}}^2} = \frac{4 \cdot 6,11}{3,14 \cdot 1126,10 \cdot 0,1^2} = 1,062.$$

Вхід води:

$$d_{\text{з.п.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{з.п.}}}{\pi \cdot \rho_{\text{з.п.}} \cdot \omega_{\text{з.п.}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,648}{3,14 \cdot 2,119 \cdot 20}} = 0,139 \text{ м}.$$

Приймаємо:

$$d_3 = 0,141 \text{ м}, d_{\text{вн}} = 0,14 \text{ м}.$$

Дійсна швидкість:

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

$$\omega_{\text{з.п.}} = \frac{4 \cdot G_{\text{з.п.}}}{\pi \cdot \rho_{\text{з.п.}} \cdot d_{\text{вн}}^2} = \frac{4 \cdot 0,648}{3,14 \cdot 2,119 \cdot 0,14^2} = 22,525 \text{ м.}$$

Приймаємо стандартний штуцер для входу розчину за ОСТ 26-1403-76:

умовний діаметр, D_y , м	084;
зовнішній діаметр патрубку, d_T , м	0,75;
товщина стінки патрубку, S_T , м	0,006;
висота штуцера, H_T , м	0,85.

Приймаємо стандартний штуцер для виходу розчину за ОСТ 26-1403-76:

умовний діаметр, D_y , м	0,98;
зовнішній діаметр патрубку, d_T , м	0,1;
товщина стінки патрубку, S_T , м	0,005;
висота штуцера, H_T , м	0,145.

Приймаємо стандартний штуцер для виходу води за ОСТ 26-1403-76:

умовний діаметр, D_y , м	0,139;
зовнішній діаметр патрубку, d_T , м	0,140;
товщина стінки патрубку, S_T , м	0,006;
висота штуцера, H_T , м	0,16.

Висновок: в результаті проведеного розрахунку були визначені діаметри патрубків штуцерів і визначені дійсні швидкості руху теплоносіїв.

5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Постановами уряду України, по відношенню до питання охорони праці, наголошується високий рівень нещасних випадків на виробництві, саме тому, безпечна організація виробничих процесів та умов праці, має особливий статус на підприємствах хімічної промисловості та споріднених, так як на таких виробництвах широко розповсюджене використання речовин чотирьох класів небезпеки: I — надзвичайно небезпечні; II — високо шкідливі; III — помірно шкідливі; IV — мало шкідливі[28].

Темою дисертаційної роботи – *Розроблення сепаратору і випарного апарату для модернізації установки виробництва гліцерину хлорним методом.*

Відповідно до закону про охорону праці, документ 2694-XII, для нового обладнання та технологічних процесів необхідно розробити нешкідливі та безпечні умови праці під час експлуатації та запобігти шкідливим та небезпечним факторам для працюючих.

Для обслуговування випарного апарату, цілодобово, необхідно три оператори, або фахівці, які здали необхідний кваліфікаційний іспит, мають технічну освіту та пройшли відповідний інструктаж з безпеки на виробництві, працюють у три зміни по 8 годин. Роботу з установкою безпосередньо виконує оператор, робоче місце якого розміщується в цеху площею $S=60 \text{ м}^2(10 \times 6 \times 5)$ та об'ємом $V=300 \text{ м}^3$.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами є:

- повітря робочої зони;
- враження електричним струмом;
- вплив високих температур
- виробничий шум;
- пожежна небезпека при надзвичайних ситуаціях.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

5. 1Повітря робочої зони

Робота по обслуговуванню випарного апарату належить до робіт середньої важкості приміщенні з енерговитратами людини 176 – 290Вт. У приміщенні, де встановлений апарат, підтримуються наступні умови, відповідно до [28]:

Основні параметри мікроклімату:

- температура повітря, °С ;
- відносна вологість повітря, W % ;
- швидкість руху повітря, м/с;
- інтенсивності теплового випромінювання, Вт/м²;
- температура поверхні, °С.

Гліцерин є легко займиста рідина, можливе хімічне самозаймання, яке відбувається під час контакту речовини з повітрям. Відповідно, під час технологічного процесу необхідно чітко слідкувати за відповідністю технологічному регламенту, для процесу ректифікації.

В теплий період року

- швидкість руху повітря не більше 0,3 м/с;
- відносна вологість 40 – 60%;
- температура повітря 20 – 23 °С.

В холодний період року

- швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с;
- відносна вологість 40 – 60%;
- температура повітря 17 – 21 °С.

Заходи по забезпеченню забезпечені за СніП2.04.05-86: встановлено витяжні системи, локальне кондиціонування, та повітряні конвектори для підігріву в зимній період року.

Граничнодопустимі концентрації (ГДК) у повітрі робочої зони для парів мастила –5 мг/м³, клас небезпечності – III.

В цеху встановлена контрольна апаратура, для досягнення якості повітря

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідно до вимог. Контроль здійснюється газоаналізаторами.

З метою забезпечення якості повітря в приміщенні передбачено місцеву вентиляцію, а також відбувається постійний контроль устаткування на герметичність.

У зоні роботи оператора передбачено локальне кондиціонування. Завдяки чому досягнута фактична концентрація – $0,2 \text{ г/м}^3$, відповідно до ГОСТ 12.1.005-88/98.

Оператори під час, та після закінчення роботи, зобов'язані дотримуватись вимог безпеки, відповідно до карти безпеки на виробництві.

5. 2 Враження електричним струмом

Лінія виробництва, яка розробляється в дисертаційній роботі розташовується у сухому приміщенні з температурою та вологовмістом повітря, що задовольняє гігієнічно-санітарні норми. Підлога приміщення залізобетонна. Згідно ПУЕ-86 воно відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою. Пульт керування машиніста має напругу $U = 220/ 380 \text{ В}$ та частотою $f = 50 \text{ Гц}$. Мережа з глухозаземленою нейтраллю.

Заходами щодо електробезпеки є:

1) Застосування ізоляції на устаткуванні, що проводить струм з опором в межах $R \geq 0,5 \text{ МОм}$.

2) Недоступність елементів установки, що знаходяться під напругою.

3) Електророзділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів.

4) Занулення в електроустановках з напругою до $U = 1000 \text{ В}$ являє собою умисне з'єднання частин електроустаткування, що не знаходяться під напругою, з глухозаземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережі трифазного току, з глухозаземленим виведенням джерела однофазного або ж постійного току, рисунок 5.1.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

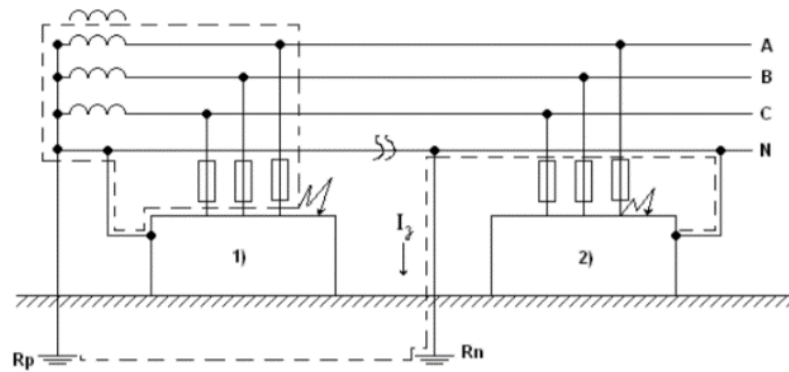


Рисунок 5.1 – Схема занулення електрообладнання

Сила струму короткого замикання при пробі на корпус в мережі з глухозаземленою нейтраллю, А:

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{z + r_0} = \frac{220}{0,2 + 0,4} = 366,67 \text{ А} > 300 \text{ А}$$

де U_{ϕ} – напруга в мережі, В;

r_0 – внутрішній опір, Ом;

z – опір провідника, Ом.

Процес занулення відбувається наступним чином: занулюючи провідники повинні вибиратися так, щоб під час замикання на корпус або на нульовий захисний провід виникали струми короткого замикання, що перевищує не менше, ніж в 3 рази номінальний струм плавкого елемента найближчого запобіжника, або нерегулюючого розчіплювача, або уставку струму регулюючого розчіплювача автоматичного вимикача із зворотною залежною від струму характеристикою. За відсутності технічних даних на автоматичних вимикачах з номінальним струмом до 100 А коефіцієнт запасу струму миттєвого спрацювання повинен знаходитися в межах 1,25 – 1,4. Також сумарна провідність нульового провідника для всіх випадків повинна бути >50% провідності фазового провідника[28].

5) Автоматичне відключення устаткування у разі виникнення проблем, а також наявність захисного занулення.

6) Ізоляція електричних мереж від землі.

Ізоляція електричного устаткування- це шар діелектричного матеріалу, або ж конструкція створена з діелектрика.

7) Вирівнювання потенціалів (напруг).

8) Використання засобів орієнтації в електричному устаткуванні, що надасть змогу робітникам забезпечити безпомилкове виконання дій та орієнтування при виконанні робіт.

Для кращої орієнтації проводиться спеціальне маркування на виробничому обладнанні (у вигляді цифрових, символічних та буквенно-смыслових умовних позначеннях), попереджувальними сигналами, написами і табличками, застережливим знаком «Обережно! Електрична напруга», відповідним розташуванням і забарвленням неізольованих струмопровідних частин та світловою сигналізацією.

9) Розташування рубильників включення в шафах спеціального призначення.

10) Встановлення механічних або електромагнітних блокувальних пристроїв (на устаткуванні з напругою до 1000 В).

11) Під час роботи з електроустаткуванням потрібно застосовувати індивідуальні захисні засоби (діелектричні килимки, рукавички та взуття).

12) У невеликих приміщеннях застосовувати малі напруги (≥ 42 В).

Джерелом малої напруги можуть слугувати гальванічні елементи типу батарей, акумулятори і. т. д.

Категорично заборонено:

лишати виробничу лінію без нагляду;

- виконувати ремонтні роботи лінії без відключення електромережі;
- виконувати роботу на вузлах виробничої лінії, які не занулені;
- допускати до виконання роботи персонал, який не пройшов навчання та не був ознайомлений з правилами техніки безпеки.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

5.3 Вплив високих температур

Причинами травм та опіків є неумисні дотики до нагрітих поверхонь апарату та устаткування в цілому. Для уникнення травм та опіків використовують тепловий ізоляційний шар. В якості ізоляційного матеріалу вибрано азбестове волокно. Зовнішня температура ізоляції не повинна перевищувати 35 °С, що відповідає СН 245-71. Температура поверхні теплоізоляції контролюється термометром за [28].

Розрахунок товщини теплоізоляційного шару.

Оскільки температура зовнішньої поверхні корпусавипарного апарату перевищує 448 К, проведемо розрахунок товщини ізоляційного шару.

Метою розрахунку теплової ізоляції є визначення товщини ізоляційного шару, який забезпечує додержання заданих виробничо-технічних вимог, що висуваються до ізоляції.

Розрахункову схему теплової ізоляції наведено на рисунку 5.2

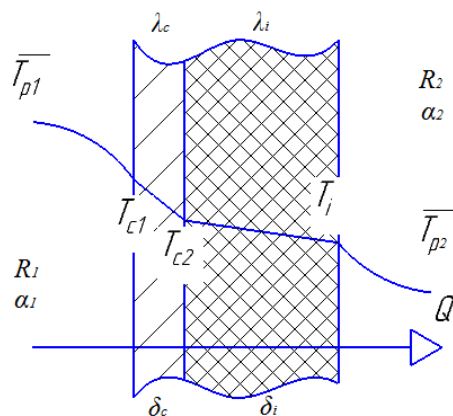


Рисунок 5.2 – Температурна схема теплової ізоляції стінки

Вихідні дані до розрахунку:

$\lambda_i = 0,052 \text{ Вт/(м}\times\text{К)}$ – коефіцієнт теплопровідності скловати [28];

$T_{c2} = 448\text{К}$ – максимальна температура внутрішньої поверхні шару теплової ізоляції;

$a_2 = 10 \text{ Вт/(м}^2\text{×К)}$ – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні покривного шару ізоляції (прийнято за рекомендаціями [28], для вертикальних поверхонь обладнання).

$[T_i] = 308 \text{ К}$ – допустима температура поверхні ізоляції обладнання робочої та обслуговуваної зони з металевим покривним шаром (прийнято за даними [28], таблиця 6.1);

$\bar{T}_{p2} = 298,6 \text{ К}$ – середня максимальна температура найбільш жаркого місяця для Житомира [28].

Визначення товщини теплоізоляційного шару ведемо за допустимою температурою поверхні ізоляції і методикою, викладеною в [28].

Якщо задано допустиму температуру поверхні ізоляції $[T_i]$ плоскої стінки, яка розділяє теплоносій з середньою температурою \bar{T}_{p1} і навколишнє середовище з середньою температурою \bar{t}_{p2} , товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_i = \frac{\lambda_i \cdot T_{c2} - T_i}{a_2 \cdot T_i - \bar{T}_{p2}} = \frac{0,052 \cdot 448 - 308 \cdot 7,28}{10 \cdot 308 - 298,6} = 0,045 \text{ м.}$$

Мінімально граничну товщину ізоляції обираємо з конструктивних міркувань. За рекомендаціями [18], $d_i = 0,05 \text{ м}$.

Висновок: температура на поверхні ізоляції ректифікаційної колони $\leq 35 \text{ °С}$.

5. 4 Виробничий шум

Основним джерелом шуму в лінії виробництва гліцерину є: випарний апарат та електродвигуни. Рівень шуму не повинен перевищувати в джерелі $\Sigma 92 \text{ дБА}$, електродвигуни в випарюванні мають рівень шуму, обмежений до 56 дБА, а фактичний становить 45 дБА.

Практично такий результат досягається:

- використання обертових деталей підвищеної якості;
- підвищення класу точності деталей, які використовуються;

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підбір якісних речовин для змащування обертових деталей;
- заміна підшипників кочення на підшипники ковзання;

Джерелами аеродинамічного шуму є нестационарні явища при течії газів.

Засоби боротьби з аеродинамічним шумом:

- використання шум ізолюючих матеріалів, на поверхні ректифікаційної колони;
- використання шумоізолюючих кожухів, екранів та перегородок, для електродвигунів.

З урахуванням зазначених заходів еквівалентний рівень шуму, що впливає на персонал протягом робочої зміни, фактичний рівень - 65дБА, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.037-99.

5.5 Пожежна безпека при надзвичайних ситуаціях

На місці роботи оператора можуть займатися дерев'яні та термопластичні елементи інтер'єру з температурою займання 380-420°C. Також цех виробництва гліцерину містить елементи, що можуть займатися: машинне масло, електропроводи, електрообладнання, тому це приміщення відноситься до категорії В та зони пожежонебезпеки класу П-Па за ПУЕ.

Експлуатація лінії проводиться при дотриманні правил пожежної безпеки. Температура при якій займаються гранули становить 500°C, тобто самозаймання продукції практично неможливе через підтримку температури повітря робочої зони у літній період не вище 26°C.

Причинами виникнення пожежі на виробничій лінії є:

- 1) використання відкритого вогню;
- 2) коротке замикання;
- 3) несправність електрообладнання;
- 4) використання легкозаймистих речовин, та їхнє зберігання біля устаткування.

Заходи по запобіганню пожежонебезпечних випадків:

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1) дотримання правил експлуатації та технологічних норм;
- 2) дотримання вимог пожежної безпеки;
- 3) обмеження в застосуванні відкритого вогню;
- 4) спеціально відведені місця для паління;
- 5) проведення інструктажу обслуговуючого персоналу;
- 6) застосування агітаційних матеріалів щодо техніки безпеки на виробництві;
- 7) наявність засобів гасіння та захисного спорядження;
- 8) наявність пожежної сигналізації;

Гасіння невеликих вогнищ відбувається при знеструмленому електрообладнанні, застосовуючи вуглекислотні вогнегасники ОУ-3 та ОУ-5. Для гасіння увімкненого обладнання застосовуються порошкові вогнегасники типу ОП-9. Цех має пожежні гідранти з довжиною рукава 10 м, що розташовуються на відстані 30 м один від одного. В приміщенні встановлені десять автоматичних порошкових вогнегасників САМ-9, на відстані чотири метри один від одного, температура руйнування теплового замку яких – 72 °С, площа захисту одного вогнегасника – 12 м²[28].

Кількість евакуаційних виходів – 2 з шириною дверей – 2,5 м згідно з СНіП 2.09.02-85.

Перед початком роботи слід перевірити:

- 1) робоче місце кожного з працівників;
- 2) справність обладнання та окремих механізмів;
- 3) наявність захисних огорожень;
- 4) справність електрообладнання та наявність заземлення на устаткуванні;
- 5) справність витяжної вентиляції, підключеної до установки;
- 6) справність аварійної кнопки “СТОП” та блокуючого обладнання.

При появі будь-якої небезпеки, поміченої несправності, треба негайно вимкнути устаткування натисканням аварійної кнопки “СТОП”.

Безпека при надзвичайних ситуаціях

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На відстані 800 м від цеху стався вибух загальною масою пропану – 300 т.
Характеристики елементів цеху (рисунок 5,3):

будівля – зі збірного залізо бетону; верстати – важкі;

кабельні лінії – наземні;

контрольно-вимірювальна апаратура – наявна;

Границя вогнетривкості несучих стін – 2 год; границя вогнетривкості перегородок – 0,25 год. Категорія виробництва з пожежної безпеки – В.

Щільність забудови об'єкту – 25%.

Розрахункова частина:

Зона I : $r_1 = 117$ м;

Зона II: $r_2 = 199$ м;

Висновок: об'єкт опиниться за межами цих зон, тобто у зоні повітряної ударної хвилі (зона III).

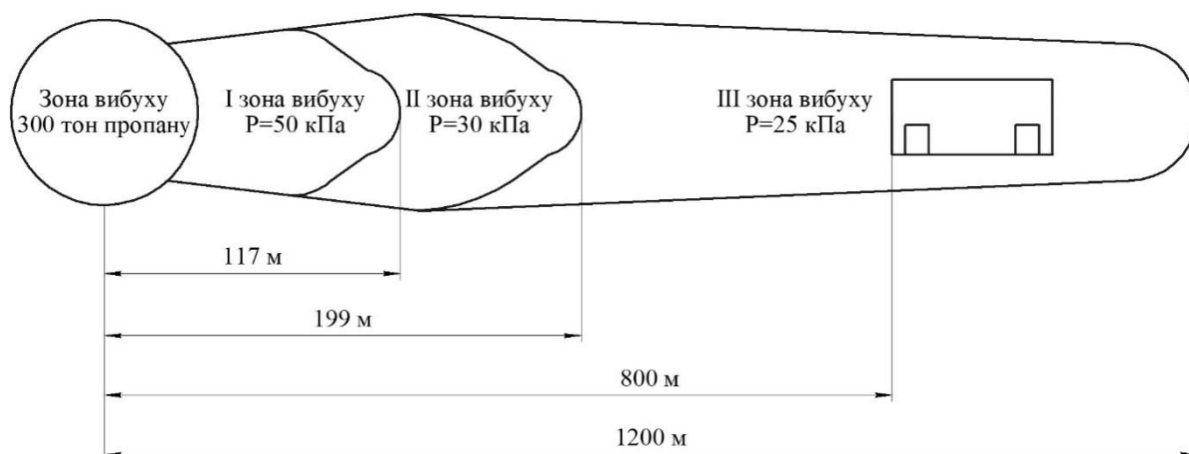


Рисунок 5.3 –Схема вибуху

У випадку якщо в сусідньому приміщенні є сховище з вибухонебезпечними предметами (300 т зрідженого пропану). Приблизна відстань до центру вибуху 800 м.

$$\Delta P_{\phi} = \frac{262}{\sqrt{1 + 7,66 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{L^3}{Q}} - 1} = \frac{262}{\sqrt{1 + 7,66 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{800^3}{300}} - 1} = 22,915 \text{ кПа},$$

де L – відстань до центру вибуху, м, Q – кількість вибухової речовини, т.

Ступінь руйнування будівлі – середня. Характеристика руйнувань будівлі:
Руйнування даху, легких внутрішніх перегородок, в капітальних стінах з'являються тріщини;

Характеристика руйнувань промислового обладнання:

Пошкодження окремих елементів обладнання важелів управління, вимірювальних приладів

Ступінь руйнування контрольно-вимірювальної апаратури – сильні;
Ступінь руйнування кабельних ліній – слабкі;

Ступінь ураження людей – від прямої дії – слабкі. Характеристика уражень людей:

Ступінь вогнестійкості– III ступінь вогнестійкості; Очікувана пожежна обстановка:

Для виробництва категорії пожежної небезпеки В, ступеня вогнестійкості будівель – III, при надмірному тиску 25 кПа і щільності забудови більше 20% можна очікувати в перші 30 хвилин окремі пожежі з переростанням за 1...2 год в суцільну.

Безпечна кількість вибухової речовини – менше 50 т.

Визначаємо безпечну кількість пропану для уникнення будь-яких руйнувань, тобто контрольно- вимірювальна апаратура вціліє , якщо кількістьпропану буде менше 15 т.

Висновки: На відстані 800 м від цеху стався вибух пропану, що призвело до руйнувань будівлі, елементів цеху, постраждали люди. В першу чергу треба сповістити про надзвичайну ситуацію.

Серед рекомендацій, спрямованих на зменшення заподіяної шкоди та уражень людей, можуть бути такі:

- укріпити будівлю установленням додаткових колон, ферм;
- верстати надійно закріпити на фундаменті, установити захисні навіси;
- кабельні лінії прокласти під землею;
- створити 50% запас контрольно-вимірювальної апаратури;

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- установити на вікнах захисні металеві сітки;
- установити і контролювати стан вогнегасників та протипожежних систем;
- зменшити запасу вибухонебезпечної речовини до безпечної кількості.

План евакуації з приміщення на випадок виникнення пожежі (рисунок 5.4).

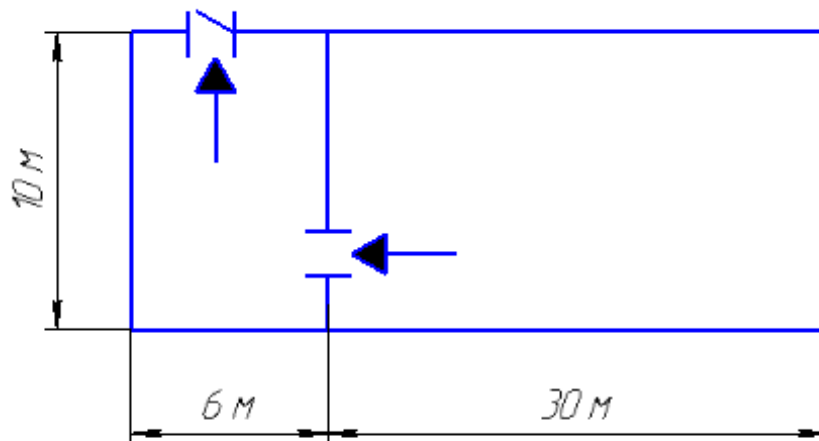


Рисунок 5.4 – План евакуації з приміщення на випадок виникнення пожежі

6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апарата

Монтаж обладнання або його складових проводиться під час будівництва або ремонту об'єкта. Монтаж повинен виконуватись спеціальними організаціями, під час будівництва великих об'єктів.

Випарний апарат та сепаратор виготовлено згідно вимог з ГСТУ 3-17-171-2000. На фундаментних болтах, які попередньо залиті бетоном, кріпиться опора.

У цеху якому буде встановлений апарат, необхідно забезпечити проходи, для безпечного і зручного обслуговування та очистки апарата.

Перед монтажем, необхідно заздалегідь прокласти необхідні підземні комунікації, виконати вертикальне планування, забезпечити електроенергією, водою і повітрям монтажну зону.

Відповідно до ГСТУ 3-17-171-2000, для великогабаритного обладнання, необхідно передбачити можливість транспортування апарата у складеному вигляді, зручним видом транспорту до монтажної зони. Оскільки апарат великогабаритний, його складальні одиниці необхідно доставити в зону монтажу та провести його складання безпосередньо в цій зоні. Монтаж вертикальних колонних апаратів здійснюється за допомогою баштових кранів методом нарощування або самохідними кранами методом підвощування.

Для складання й зварювання колонних апаратів використовується роликовий стенд, приводні роликові опори та роликові опори що вільно обертаються.

Залежно від фінансів, термінів, характеристик монтажного обладнання, наявність необхідних вантажопідіймальних пристроїв тощо [29], монтаж колони може здійснюватися різними способами. Він здійснюється стріловими самохідними кранами з або без використання спеціального обладнання.

У випарного апарата та сепаратора повинні забезпечуватись стабільний температурний режим незалежно від температури навколишнього середовища.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це забезпечується за рахунок теплової ізоляції, яка повинна бути хімічно й термостійкою, бути негігроскопічною та механічно міцною.

Насадку утрамбовують секціями через люки в царгах, до отримання заданої поверхні і висоти.

Експлуатація згідно з ГОСТ 25866-83 – це стадія на якій реалізується, підтримується і відновлюється якість апарата. Експлуатація включає використання за призначенням, транспортування, зберігання, обслуговування і ремонту.

Одним з найвідповідальнішим етапом експлуатації випарного апарата та сепаратора є їх пуск, під час якого може мати місце температурна деформація.

В процесі експлуатації апаратів будуть виникати забруднення, корозійні процеси, втрачатися герметичність вузлів. Всі ці пошкодження ліквідують під час планових ремонтів, які організуються за двома категоріями: поточний і капітальний ремонт.

Оскільки апарати працює під тиском вище атмосферного та з вибухонебезпечними речовинами, то необхідно звертати особливу увагу на стан ущільнення поверхонь кришки, корпусу, царг та кришок люків. Усунення дефектів поверхонь, необхідно здійснювати механічним шляхом. Після обробки поверхня не повинна мати тріщини та інших дефектів. Шорсткість поверхні має не перевищувати $2,6 \cdot 10^{-6}$ м.

Після монтажу апарати повинні пройти відповідні випробування. В програму випробувань входять гідравлічне та пневматичне випробування апарата та його трубопроводів під тиском що вказаний на креслені. За результатом випробування виявляють дефекти та недоліки. Які необхідно занести в акт випробування на конкретний апарат.

Підготовка до введення в експлуатацію включає перевірку тиску та температури всередині апаратів, а також витрат газу і рідини на вході та виході з апарата.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Випарний апарат та сепаратор можуть вважати введеними в експлуатацію після підписання акту з боку представників організації що проводить монтаж та замовником.

Під час зупинки апаратів необхідно припинити подачу рідини і газу, а потім відімкнути живлення. При зупинці на довгий термін апарат необхідно обов'язково розвантажити, злити всю рідину, та закрити всі люки і фланці.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 Рівень стандартизації та уніфікації

Стандартизація – установлення та виконання стандартів. Ціль якою є впорядкування діяльності у деякій галузі або області. Це необхідно для більш економного і доцільного використання наявних ресурсів, дотримання умов та вимог техніки безпеки, покращення якості та здешевлення продукції і послуг[30].

Уніфікація – зведення засобів виробництва, продукції або їх окремих елементів до однієї структури, складу, форми та розмірів. Рівень стандартизації і уніфікації визначається відповідним коефіцієнтом застосовності. Який визначається за [30], затверджений державним стандартом України.

Рівень передбачає усунення різноманітності в конструкції деталей, елементів, різноманітних вузлів, в сортаменті матеріалу, формах документації.

При проектуванні насадкового випарних апаратів та сепараторів, які входять до технологічної виробництва гліцерину хлорним методом, використовують багато уніфікованих, стандартизованих та нормалізованих конструктивних елементів, вузлів та деталей. Це дозволяє спростити обслуговування, ремонт та заміну елементів конструкції. Та значно знизити витрати на виробництво апаратів.

Рівень стандартизації випарного апарату становить:

$$K_c = \frac{n_c}{N} \cdot 100\% = \frac{385}{399} \cdot 100\% = 96,5,$$

де $N = 399$ шт. - загальна кількість деталей;

$n_c = 385$ шт. - кількість стандартних деталей.

Рівень уніфікації випарного апарату становить :

$$K_y = \frac{n_c + n_y}{N} \cdot 100\% = \frac{385 + 6}{112} \cdot 100\% = 0,98,$$

де $n_y = 6$ шт. - кількість уніфікованих деталей.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рівень стандартизації сепаратора становить:

$$K_c = \frac{n_c}{N} \cdot 100\% = \frac{135}{149} \cdot 100\% = 90,6\% ,$$

де $N = 149$ шт. - загальна кількість деталей;

$n_c = 135$ шт. - кількість стандартних деталей.

Рівень уніфікації сепаратора становить:

$$K_y = \frac{n_c + n_y}{N} \cdot 100\% = \frac{135 + 5}{149} \cdot 100\% = 94\% ,$$

де $n_y = 6$ шт. - кількість уніфікованих деталей.

Висновок: згідно з отриманими даними робимо висновок, що рівень стандартизації 96,5%, для випарного апарату та 90,6% для сепаратора уніфікації 98% , 94% відповідно, високий. Це суттєво спрощує проектування та виготовлення випарного апарату та сепаратора.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Розроблення стартап проекту

8.1. Опис ідеї проекту

Гліцерин – широко використовується в косметологічних засобах, має широке застосування у харчовій та фармацевтичній промисловості. Корисна модель належить до пристроїв для розділення газорідинних потоків та може бути використана в газовій, хімічній, нафтохімічній фармацевтичній, та інших галузях промисловості, і може бути використаний як відцентровий сепаратор для розділення газорідинних потоків. Така конструкція дозволяє гальмувати потік між перфорованою обичайкою та корпусом і зменшує винос рідини у вигляді крапель потоком газу [17].

Сепаратор – це апарат, призначений для розділення певного продукту на фракції з різними фізичними або хімічними характеристиками - за густиною, магнітними, електричними або іншими властивостями.

Таблиця 8.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Виготовити сепаратор циклоного типу із перфорованою обичайкою	Виготовлення сепаратора з кращими роздільними характеристиками	Забезпечення інтенсифікації процесу розділення
		Краща якість продукції
	Впровадження перфорованої обичайки в даний папарат	Підвищення енергоефективності проведення процесу
		Менші габаритні розміри

На даний момент вже розроблена модернізація існуючого обладнання (сепаратор циклоного типу із перфорованою обичайкою). Ми гарантуємо

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

ефективність нововведеної модернізації та її швидку окупність внаслідок збільшення енергоефективності, покращенні основних показників продукції, що виробляється тощо. Проект включає в себе створення технічної документації, креслень через системи комп'ютерного проектування. Також проект передбачає допомогу в впровадженні інновації, вирішення проблем, що виникають на виробництві, організацію процесу та забезпечення всіма необхідними довідковими матеріалами, налагодженням нового обладнання, його автоматизацію, підготовку персоналу для роботи з ним та допомогу при виникненні проблем з впровадженою інновацією в обладнанні [17].

Сепаратор складається з : корпусу сепаратора перфорованої обичайки, закріплена у верхній частині корпусу, перфорацію виконано у вигляді рівномірно розташованих отворів діаметром 5÷8 мм з шагом 20÷35 мм, зовнішній діаметр перфорованої обичайки на 10% менший за внутрішній діаметр корпусу конічної частини сепаратора патрубкока входу газорідинної суміші, патрубкока виходу газу, патрубкока виходу рідини. [17].

Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів [17]:

- визначено перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї [17];
- визначено попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку [17];
- проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні); в) кращі значення (S, сильні), наведено в таблиці 8.2. [17].

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Сепаратор ІЗІ21, компанія «Schneider Electric»	Сепаратор ТІ53, компанія А-«Профі», ТОВ (А-Профи, ООО)»	ООс1 сепаратор рідинний, компанія «Промэнерго АГ, ТОВ»			
Вартість сепаратора, грн	1300000	950000	1200000	1100000	+	–	–
Габарити м/м	0,71/0,52	1,3/0,6	1,2/0,62	1,25/0,4	–	–	+
Продуктивність, кг/год	6,7	6,7	6,7	6,7	–	+	–
Вихід бракованої продукції при пуску, м	3	5	4	6	–	–	+
Вихідна концентрація суміші, %	45%	44%	43.5%	44%	–	–	+

Основною перевагою над конкурентами є: менші габаритні розміри, менша кількість бракованої продукції при пуску установки та менші енергозатрати на пусковий режим. Проект працює за трьома основними критеріями роботи – надійність, ефективність та безпека вироблених виробів.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

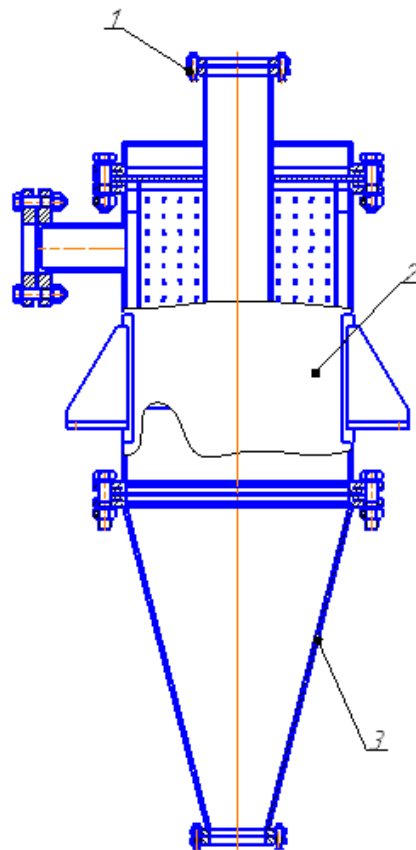
Завдяки співпраці оновлене підприємство стане більш енергоефективним, підвищиться якість продукції, що виготовляється. Тобто підприємство стане більш конкурентоспроможним на ринку в Україні та світі [17].

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Застосування сепаратора дуже вузьке. В залежності від виду та профілю суміші для розділення вони застосовуються в газовій, хімічній, нафтохімічній фармацевтичній, та інших галузях промисловості і т.п.

Розроблення стартап-проекту проводимо згідно методики [18].

Конструкцію сепаратора наведено на рисунку 8.1.



1 – кришка; 2 – царга; 3 – кочне днище.

Рисунок 8.1 – Конструкція формуючої головки

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту [18].

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (таблиця 8.3):

1. За якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?

Елементи сепаратора виготовляються на спеціальному металорізальному обладнанні та верстатах з ЧПУ, внаслідок необхідності обробки складних поверхонь.

Таблиця 8.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Інтенсифікація процесу розділення	Модернізована конструкція сепаратора	На даний момент відомо багато конструкцій сепаратора, однак процес розділення можна зробити ефективнішим .	Література для вивчення процесу розділення представлена декількома авторами, для підвищення конкурентоспроможності потребує подальшого вивчення
2	Підвищення енергоефективності	Додаткова модернізація циліндричної обичайки, нова технологічна лінія виробництва формуючих пристроїв	Наявні, відомі конструкції модернізуються	На ринку представлено достатню кількість виробників сепаруючого обладнання

Обрана технологія реалізації ідеї проекту:
Модернізована конструкція сепаратора з покращеними розділювальними властивостями.

2. Чи існують такі технології, чи їх потрібно створювати? Такі технології існують і їх цілком достатньо. В розробці/добробці їх немає необхідності [18].

3. Чи доступні такі технології авторам проекту?

Так, дані технології цілком доступні.

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити – є можливим.

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначено ринкові можливості, які можна застосувати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть завадити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів–конкурентів [19].

Спочатку проведено аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 8.4).

Зростання обсягів виробництва до 2009 року. Ця ситуація на ринку виготовлення та продажу сепараторів пояснюється тим, що в країні постійно збільшувалася кількість підприємств та споживачів яким потрібні вироби з гліцерину для різних потреб [19].

Падіння обсягів виробництва сепаруючого обладнання в 2009-2011 роках. Негативна динаміка спостерігалася через фінансову кризу [19].

На нашу думку на даний момент виробництво сепаруючого обладнання в Україні знаходиться на етапі насичення та стабільності. Це пов'язано, насамперед із тим, що продукція що виготовляється на нашому обладнанні користується попитом у багатьох галузях промисловості нашої державі. Ця

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продукція є завжди актуальною. Тому дана галузь має гарне фінансування. Статистика показує, що попит на дану продукцію є доволі стабільним як в нашій країні, так і за її межами.

Основні виробники сепаруючого обладнання в Україні: ООО «Рубежанский трубный завод», ООО «Укрпромсоюз», ООО «Валром Украина», ООО «ТД Мегапласт».

У Світі: Arburg GmbH + Co KG (Німеччина), Guangdong Liansu Machinery Manufacturing (Китай), MEPER Machinery Manufacturing (Китай), EREMA Engineering Recycling Maschinen und Anlagen GmbH (Австрія), Moretto S.p.A. (Італія).

В таблиці 8.4 наведено попередні характеристики потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 8.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість основних гравців, од	3
Загальний обсяг продаж, грн/ум. од	16000
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Висока точність виробів
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO.
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	80

За результатами аналізу таблиці робимо висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням [19].

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 8.5) [19].

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

Таблиця 8.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Потреба в якісному сепаруючого обладнанні, потреба в підвищенні енергоефективності.	Компанії, що виготовляють сепаруюче обладнання, машинобудівельні компанії тощо.	Ціна, габаритні розміри, стандарти (ДСТУ, ГОСТ, ISO)	<p>- до продукції: якість продукції, відповідність всім нормативам, щодо міцності, надійності, можливість заміни комплектуючих, зручність в сепараціях та в обслуговуванні.</p> <p>- до компанії-постачальника: швидкість доставки та встановлення, можливість подальшого обслуговування по гарантії, наявність запасних комплектуючих</p>

Проводимо аналіз ринкового середовища: складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому заважають (таблиці 8.6, 8.7). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення цінності [19].

Фактори поділяються на фактори внутрішньо маркетингового та зовнішньо маркетингового середовища. До внутрішньо маркетингових факторів відносяться власний капітал стартап проекту, інтелектуальні ресурси,

технологічні ресурси, матеріальні, місцезнаходження. До факторів зовнішнього маркетингового середовища стартап проекту відносяться природні, політико-правові, соціально-культурні, економічні, науково-технічні і фактори демографічного середовища [19].

Фактори загроз вносимо до таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Політико-правові «Закон України про підприємницьку діяльність» .	Може вплинути на працездатність проекту, купівлю стандартних елементів (фленців штуцерів, конічного днища) для виготовлення сепаратору Недостатня підтримка державою нових підприємців.	Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця (Німеччина Росія). Зміна напрямків імпорту, автоматичних контролерів Siemens (Німеччина).
Економічні: інфляцію.	Впливає на продаж виготовленого сепаратора	Здешевлення апарату. Зміна матеріалів для виготовлення сепаратора
Економічні: підвищення цін на автоматичні контролери, та стандартні елементи (фленців штуцерів, конічного днища)	Зростає кінцева ціна сепаратора, втра конкурентної ціни на ринку.	Пошук нових постачальників купівлю стандартних елементів (фленців штуцерів, конічного днища) для виготовлення сепаратору.
Науково-технічні: Зміна технології виготовлення товару	Невідповідність технологій споживчих послуг та науково-технічного розвитку. «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Постійний пошук та моніторинг актуальних тенденцій в обраній та в суміжних сферах діяльності. Інноваційна діяльність.

Продовження таблиці 8.6

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Демографічні: Зниження народжуваності та кількості населення.	Впливає на попит на продукцію	Переорієнтація на зовнішній ринок.
Соціально-культурні: Консервативність споживачів до запровадження інновацій	Небажання споживачів купувати нове обладнання	Пропонувати споживачам замість купівлі нового обладнання модернізацію їх виробництва за допомогою наших послуг
Науково-технічні: А) Застаріла конструкція сепаруючого обладнання	Поява нової технології виробництва сепаруючого обладнання.	Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію.
Б) Створення нових апаратів	Поява нової технології виробництва сепаруючого обладнання, які перевищують характеристики нашого апарату.	Розробка нового обладнання та конструкцій.

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку, отримані дані заносимо до таблиці 8.8.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		110

Таблиця 8.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції: Монополістична	Робимо диференціація товарів, так як багато споживачів зберігають прихильність до конкретної марки і фірми навіть при деякому підвищенні цін.	Наша компанія буде робити ставку на основні відмінності своєї продукції (якість продукції, екологічність виготовлення та великий коефіцієнт вловлювання).
2. За рівнем конкурентної боротьби: Національний	Наша компанія є менш конкурентною, за рахунок того, що іноземні компанії не конкурують з національними.	Першим кроком орієнтуємося та виходити на національний ринок, збираємо зворотній зв'язок, проблеми та побажання клієнтів. Охоплюємо у співпраці максимальну кількість національних клієнтів, спілкуємося з ними особисто.
3. За галузевою ознакою: Міжгалузева	Наймаємо працівників які здатні надавати широкий спектр послуг.	Наша компанія охоплює майже усі напрямки розробок і може надати якісні консалтингові послуги (за рахунок якісного підбору працівників).
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Спрямовуємо клієнта клієнт та доказуємо експериментально, що наші апарати є кращі за властивостями, ступенем задоволення.	Проводимо пробні покази апаратів, надаємо експериментальні показники клієнтам.

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю 5 сил М. Портера. Згідно цієї моделі розглядаємо 5 основних сил, які необхідно врахувати перед виходом на ринок, опис наведено в таблиці 8.9. [19]

Таблиця 8.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Основні компанії, що виготовляють сепаруючі обладнання: ООО «Schneider Electric», ООО А-«Профі, ТОВ (А-Профі, ООО)», ООО «ТД Мегапласт».	Усі науково дослідницькі підприємства з гарною технічною та матеріальною та інвестиційною базами; іноземні підприємства	Існує загроза інтегрування постачальників в бізнес (відома подібна практика за кордоном)	Цінова чутливість покупців. Прихильність до відомих брендів. Негативне ставлення до інновацій	Інші фірми виробляють схожу продукцію. Але на даний момент аналогів по показникам продуктивності немає
Висновки:	Основна перевага – досвід, відоме ім'я. Але, за рахунок інновацій, тісного контакту з клієнтом можна заробити імідж та отримати клієнтів.	Можливість входу на ринок існує. Потенційними конкурентами можуть стати схожі підприємства-новатори.	На даний момент існує велика низка можливих постачальників. Так від постачальника буде залежить час поставки комплектуючих та його мінімальна вартість.	Диктують умови на ринку: якщо співвідношення ціна/якість буде не співмірним, можуть відмовитися від продукту, оскільки є з чого вибрати.	Мінімальне обмеження через товари-замінники

Згідно отриманого аналізу конкуренції визначено, що конкуренція на ринку, що важливим конкурентним рішенням є розвиток інновацій, тісний контакт з клієнтом, модернізації та створення нового обладнання.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 8.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 8.2), вимог споживачів до товару (табл. 8) та факторів маркетингового середовища (таблиці 8.6, 8.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності [19].

Згідно отриманих результатів основним параметром конкурентоспроможності є якість обладнання для виробництва виробів різного призначення.

Таблиця 8.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Інноваційність технології	Іноваційність найважливіший фактор на ринку торгівлі, за цим фактором і спрямовано більший відсоток купівлі товару клієнтом.
2.	Сервісне обслуговування	Сервісне обслуговування спрямовує клієнта до себе залишає початкову думку про компанію, є важливим фактором на ринку.
3.	Комплексний підхід	Клієнту важливо, що все що потрібно йому для виготовлення було зорієнтовано в одній компії, і не потребувало інших дій.

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Таблиця 8.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з проектом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Інноваційність технології	5			□	△	◇		
2.	Сервісне обслуговування	10		△	◇			□	
3.	Комплексний підхід	0		◇		□, △			

* □ – ООО «Schneider Electric»

△ – ООО А-«Профі, ТОВ (А-Профи, ООО)»

◇ – ООО «Валром Украина»

Сильні сторони проекту: якість сепаруючого обладнання; зменшення кількості виходу бракованого неякісного обладнання; універсальність застосування модернізованого обладнання.

Слабкі сторони проекту: невеликий асортимент продукції, що виготовляється.

Складаємо SWOT-аналіз (матриці аналізу сильних (Strength), слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 8.10), та вносимо результати до таблиці 8.12. [19].

Таблиця 8.12 – SWOT - аналіз стартап -проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - Високий інтелектуальний потенціал компанії - Інноваційність технології - Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження загалом - Можливість виходу на закордонний ринок 	<ul style="list-style-type: none"> - Невідоме «ім'я» підприємства - Висока вартість впровадження проекту. - Недостатній рівень фінансування - Висока конкуренція на ринку - Зменшення кількості можливих постачальників в умовах кризи
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - Перевага над конкурентним товаром за рахунок малокомпонентності, енергоефективності... - Можливо збільшити кількість наданих послуг - Підвищення продуктивності розробок за рахунок ефективної командної діяльності - Плідна співпраця з постачальниками на взаємовигідних умовах поступок 	<ul style="list-style-type: none"> - Поява інноваційного обладнання - Витіснення конкурентами компанії з ринку - Недостатнє фінансування, відсутність інвесторів - Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі оновлення систем - Витіснення вітчизняного товару закордонним - Дорого вартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії.

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний період їх ринкового виконання з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок [19].

Визначені альтернативи аналізуємо з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів, отримані дані вносимо до таблиці 8.13.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		115

Таблиця 8.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Виготовлення модернізованого обладнання, яке можна застосовувати в різних галузях промисловості	Низька	2 роки
2.	Модернізація вже застарілих формуючих пристроїв.	Достатня	1,5 роки
3.	Обслуговування сепаруючого обладнання	Достатня	9 місяців

Після аналізу обираємо альтернативу модернізації вже застарілих формуючих пристроїв.

Після аналізу обираємо альтернативу диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмітних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів.

8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першочергово передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 8.14). Розроблення ринкової стратегії проекту проводимо згідно методикою наведеною в [20].

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						116
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Приватні компанії виробництва гліцерину	Висока	Високий	Середня	Висока
2.	Державний сектор різних галузей промисловості заводи по виробництву хім продукції)	Середня	Середній	Висока	Середня

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обираємо приватні компанії виробництва гліцерину і використовуємо стратегію концентрованого маркетингу.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку, яка наведена в таблиці 8.15.

Таблиця 8.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1.	Підписання довгострокових контрактів	Диференційований маркетинг	Супровід обладнання, їх технічне обслуговування, навчання персоналу	Стратегія диференціації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця. 8.16).

Таблиця 8.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1.	Ні	В планах компанії пошук нових споживачів та розширення своєї діяльності.	Загальним для нашого товару і конкурентного є тільки основна ідея, а структура, компоненти, їх співвідношення є унікальними	Стратегія виклику лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 8.15) та стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.17). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 8.17 –Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.Аргументова на ціна. 2.Супроводжен ня товару 3. Необхідна якість	Стратегія спеціалізації	1. Продукція вищої якості за конкурентну 2. Програми лояльності за тривалі контракти 3. Супровід товару 4. Технічна підтримка	1. Висока якість та надійність. 2. Тривалі контракти. 3. Програми надання різноманітних послуг.

8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 8.18 підсумовуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 8.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
(1)	2	3	4
1.	Висока потреба в модернізації існуючого обладнання	Збільшення чистого прибутку. Покращення якості продукту	- Високий інтелектуальний потенціал компанії - Інноваційність технології - Підвищення продуктивності процесу розділення

Продовження таблиці 8.18

(1)	2	3	4
2.	Зменшення виходу бракованого матеріалу	Збільшення продуктивності	Інноваційна конструкція
3.	Зниження енергозатрат на виробництво	Зменшення ціни продукту	Інноваційна конструкція

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 8.19). Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у методиці [21].

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки [21];

Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості [21];

- Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару [21];
- Ергономічні – показники ступеню адаптованості технічних та конструктивних рішень виробу до біологічних властивостей людини та середовища використання товару: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні [21];
- Органолептичні – визначають властивості товару, які людина може визначити за допомогою своїх органів чуття [21];
- Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару [21];

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		120

- Транспортабельності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення[];
- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля [21];
- Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару [21].

Формулюємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 8.19.

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
1	2		
I. Товар за задумом	Покращення якостей готового продукту – формуючого пристрою; зменшення витрат енергетичних, матеріальних та людських ресурсів на виробництво.		
	Вирішення проблем пов'язаних з виробництвом (випуск бракованої продукції, низька надійність обладнання тощо).		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Сепаруюче обладнання, особливістю яких є використання модернізованого формуючого пристрою. 1. Надійність 2. Енерго- та ресурсозбереження 3. Доступна ціна 4. Інноваційність технології 5. Безпека: відповідність нормативам; 7. Технологічні: оптимізації витрат праці та часу.	+/+	+/+/-/+/+

Продовження таблиці 8.19

1	2
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування, міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.
	Пакування– відсутнє
	Марка: Техпласт
III. Товар із підкріпленням	До продажу : <ul style="list-style-type: none"> • програми лояльності при підписанні довготривалого контракту; • різні способи доставки; • різні способи оплати; • демонстрації та моделювання роботи
	Після продажу: <ul style="list-style-type: none"> • встановлення; • обслуговування; • супровід; • навчання персоналу; • гарантія повернення грошей і обміну товару.
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: буде розроблено патент на винахід, на кожному апараті буде фірмовий штамп.	

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від плагіату. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару [21].

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 8.20). Аналіз проводиться експертним методом [21].

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		122

Таблиця 8.20– Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	500000-3 млн.грн.	500000-3 млн.грн – ціни дуже високі	Підприємства великі та середні	5000-10000 грн/год консультація, в онлайні безкоштовно.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 8.21) [21]:

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту) [21];
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту [21];
- вибір та обґрунтування виду посередників [21].

Таблиця 8.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	2	3	4	5
1.	Клієнти хочуть на власні очі бачити обладнання та його тестування перед закупівлею, потребують доставки, встановлення, консультацій, супроводу	Гарантія Тестування Доставка Ремонт Допомога введення у експлуатацію Допомога при запуску	Нульовий рівень. Наша компанія сама встановлює і проектує обладнання. До споживача доходить продукція з усіма необхідними компонентами.	Власні сили

Продовження таблиці 8.21

1	2	3	4	5
2.	Консультації при виникненні питань та пропозицій	Виконання роботи та складання	Однорівневий	Через інтернет по телефону та на місці

Система збуту товарів - ключова ланка комерційної діяльності й свого роду фінішний комплекс у всій діяльності фірми по створенню, виробництву й доведенню товару до споживача. Власне, саме тут споживач або визнає, або не визнає всі зусилля підприємства корисними і потрібними для себе і, відповідно, купує або не купує її продукцію і послуги [21].

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 8.22) [21].

Таблиця 8.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	2	3	4	5	6
1.	Розв'язок проблем в діяльності	Інтернет, конференції, соціальні мережі, електронна пошта	Запевнення в швидкості та якості, створення партнерських стосунків з клієнтом.	Запевнити в швидкому розв'язку та відповідей на всі питання, що турбують.	«Довговічність і надійність»
2.	Пошук варіантів розвитку клієнта (покращення параметрів, зменшення затрат тощо).	Інтернет, соціальні мережі, реклама на	Надання всієї інформації про Нас, надання гарантій та картки клієнта з подальшим сервісом.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Все краще для вас »

Продовження таблиці 8.22

1	2	3	4	5	6
3.	Бажання здійснити вигідну покупку, що буде актуальною тривалий час.	Інтернет та соціальні мережі, відеочати, реклама виставки та друкована продукція	Надання всієї інформації та гарантія на покупку.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Краще не знайдете»

Результатом останнього пункту має стати ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки [21].

Висновки

В процесі розробки стартап проекту було розроблено висновки, що можлива ринкова комерціалізація проекту. На користь цього свідчить наявність попиту, що виражена потребою.

У проведеному аналізі було визначено стратегії збуту послуг, та вплив основних факторів на попит послуг, які надаються нашим проектом. Та згідно отриманих даних у нашого проекту є:

- можливість ринкової комерціалізації проекту, оскільки на надані послуги наявний попит, динаміка ринку, рентабельність роботи на ринку;
- перспективи впровадження для потенційних груп клієнтів, таких як, середні та великі підприємства, що займаються виготовленням сепаруючого обладнання та суміжні підприємства;

- для ринкової реалізації проекту альтернативою впровадження доцільно обрати створення наукових семінарів та брати участь на виставках в даній сфері;

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						126
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

У магістерській дисертації розроблено сепаратор і випарний апарат для модернізації установки виробництва гліцерину хлорним методом. Проведено опис технологічного процесу виробництва гліцерину хлорним методом, підібрано сепаратор для розділення паро-рідинної суміші води з гліцерином, випарний апарат, вибрано технічні характеристики цих апаратів, обґрунтовано обрані конструкції апаратів, порівняно основні показники розроблених конструкцій з аналогами; проведено патентний пошук, розроблені заходи, щодо вимог охорони праці, проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність апаратів, частина розрахунків виконана у вигляді програм з описом методик розрахунків, подано рекомендації з монтажу та експлуатації, оцінено рівень стандартизації та уніфікації розроблюваних апаратів, розроблено стартап проект, проведено розробку технологічного процесу виготовлення деталі (трубна решітка випарного апарату) та схеми автоматичного керування технологічним процесом зневоднення розчину гліцерину у воді.

Модернізація спрямована на зменшення виносу крапель рідини з паро-рідинної суміші за рахунок встановлення перфорованої обичайки, яку закріплено в верхній частині корпусу сепаратора.

Графічна частина проекту містить вісім креслень в перерахунку на формат А1, до складальних креслень складено специфікації.

Наукова частина дисертації містить результати досліджень процесу відриву та виносу крапель з поверхні плівки, що стікає у сепараторі циклонного типу. Встановлена основні залежності, які використано при розробці сепаратору.

За результатами роботи отримано деклараційний патент України на корисну модель сепаратору, опубліковано три тези доповідей на міжнародних конференціях та наукову статтю.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						127
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Выводы

В магистерской диссертации разработаны сепаратор и выпарной аппарат для модернизации установки производства глицерина хлорным методом. Проведено описание технологического процесса производства глицерина хлорным методом, подобрано сепаратор для разделения парожидкостной смеси воды с глицерином, выпарной аппарат, выбрано технические характеристики этих аппаратов, обоснованно выбраны конструкции аппаратов, по сравнению основные показатели разработанных конструкций с аналогами; проведен патентный поиск, разработанные мероприятия по требованиям охраны труда, проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность аппаратов, часть расчетов выполнена в виде программ с описанием методик расчетов, даны рекомендации по монтажу и эксплуатации, оценен уровень стандартизации и унификации разрабатываемых аппаратов, разработан стартап проект, проведена разработка технологического процесса изготовления детали (трубная решетка испарительного аппарата) и схемы автоматического управления технологическим процессом обезвоживания г. поднимет глицерина в воде.

Модернизация направлена на уменьшение выноса капель жидкости с паро-жидкостной смеси за счет установки перфорированной обечайки, которую закреплено в верхней части корпуса сепаратора.

Графическая часть проекта содержит восемь чертежей в пересчете на формат А1, к сборочным чертежам составлены спецификации.

Научная часть диссертации содержит результаты исследований процесса отрыва и выноса капель с поверхности пленки, стекающей в сепараторе циклонного типа. Установленные основные зависимости, которые использованы при разработке сепаратора.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						128
Змн.	Арк.	№ докум.	Подпис	Дата		

Conclusions

In the Master's thesis the separator and evaporator apparatus for modernization of installation of glycerol production by chlorine method is developed. The technological process of production of glycerol by chlorine method is described, the separator for separation of steam-liquid mixture of water with glycerol is selected and the evaporator is chosen, the technical characteristics of these devices are chosen, the chosen designs of the apparatuses are substantiated, the basic indicators of the developed structures are compared with analogues; patent research is done, measures on labor protection requirements have been developed, calculations that confirm the operability and reliability of the devices are carried out, the part of the calculations are made in the form of programs with description the methods of calculation, recommendations for installation and operation, the standardization and unification of developed devices are evaluated, a startup project is developed, the technological process of manufacturing the part of the apparatus (tubular grate of the evaporator) and the scheme of automatic control of the technological process of dehydration of glycerol solution in water is developed.

The modernization is aimed at reducing the removal of liquid droplets from the vapor-liquid mixture by installing a perforated shell, which is fixed in the upper part of the separator body.

The graphic part of the project contains eight drawings in recalculation of A1 format, specifications are drawn up to the drawings.

The scientific part of the dissertation contains the results of studies of the process of tearing-of and removal of droplets from the film surface that flows in a cyclone-type separator. The basic dependencies are used in the design of the separator are established.

As a result of the work, a declarative patent of Ukraine for the utility model of the separator was obtained, three Abstracts were published at international conferences and a scientific article.

					ЛН81мн.65111.000ПЗ	Арк.
						129
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: 1991. - 496с.
2. . Д. Л. Рахманкулов, Б. Х. Кимсанов, Р. Р. Чанышев Рецензенты: д. х. н., профессор Мовсумзаде Э. М. д. х. н., профессор Бикбулатов И. Х. Физические и химические свойства глицерина / Д. Л. Рах-Р 27 манкулов, Б.Х. Кимсанов, Р.Р. Чанышев.- М.: Химия, 2003.- 200 с.; ил.
3. Воробьева Г. Я. Коррозионнаястойкостьматериалов в агрессивныхсредаххимическихпроизводств. Изд. 2-е пер. и доп. М, «Химия», 1975. 816 с.
4. Андреев І.А., Зубрій О.Г., Мікульонок І.О. Застосування матеріалів у хімічному машинобудуванні. Сталі й чавуни: Навчальний посібник. – К.: ІЗМН, 1999. – 148 с.
5. Мікульонок І. О. Проектування теплової ізоляції обладнання хімічних виробництв. Навч посібник - К.: НАУК ДУМКА, 1999 - 153с.
6. Патент № RU2700059C1 Росія, МПК(2006.01) B01D1/06 заявлено 25.06.2018, опубл. 12.09.2019
7. Патент № 123456UУкраїна, МПК(2006.01) B01D1/22, заявлено 02.10.2018, опубл. 26.02.2019
8. Патент № 124209UУкраїна, МПК(2006.01) B01D1/22, заявлено 01.11.2018, опубл. 26.03.2019
9. Патент № EP3159054A1 США, МПК(2006.01) B01D1/22, F28D 7/10, заявлено 19.10.2018, опубл. 26.04.2019
10. Патент № US2018/0117493F1 США, МПК(2006.01) B01D1/22, B01D5/00, B01F7/18, B01F15/06, B01F7/00 заявлено 30.08.2018, опубл. 02.06.2019
11. Патент № 28626U Україна, МПК(2006.01) B01D45/04, заявлено 29.12.2018, опубл. 16.10.2019
12. Патент № JP84574A Китай, МПК(2006.01) F01M13/04, заявлено

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						130
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30.09.2018, опубл. 16.10.2019

13. Патент № RU2705330C1 Росія, МПК(2006.01) B01D145/12 заявлено 25.03.2019, опубл. 06.11.2019

14. Патент № JP6460613B1 Китай, МПК(2006.01) F01M13/04, заявлено 10.05.2018, опубл. 30.01.2019

15. Патент № RU120379C1 Росія, МПК(2006.01) B04C3/02 заявлено 0.7.06.2019, опубл. 20.09.2019

16. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. — Л.: Химия, 1991. — 352 с., ил.

17. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. 10-е изд., перераб. и доп. - Ленинград: Химия. 1987.- 576 с.

18. Справочник химика. Том 2: Основные свойства неорганических и органических соединений. Л.: Химия, 1963. — 1168 с.

19. Машины и аппараты химических производств. Под ред. И.И. Чернобыльского Изд. 3-е, перераб. и доп. — М: «Машиностроение», 1975. — 454 с.

20. ГОСТ 14249 - 89: Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.

21. Андреев І.А. Конструювання і розрахунок типового устаткування хімічних виробництв. Основні положення. Елементи тонкостінних посудин, навантажених внутрішнім тиском: навч. посіб./ — К: НТУУ «КПІ», 2011. — 272 с. — 300 пр.

22. В.Г. Доброногов, І.О. Мікульонюк . «Конструювання та розрахунок фланцевого з'єднання»: Навч. посібник /. — К.НМК ВО, 1992 – 104 с.

23. В.Г. Доброногов, І.О. Мікульонюк . «Конструювання опорних вузлів хімічних апаратів і перевірка несучої спроможності обичайок на дію опорних навантажень»: Навч. посібник. — К.: ІСДО, 1995 – 184 с.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						131
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24. Мікульонок І.О. Проектування теплової ізоляції обладнання хімічних виробництв Навч посібник – К НАУК ДУМКА, 1999 – 152с.

25. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підруч. / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок та ін. - К.: НТУУ "КПІ", 2011. -Ч. 2. - 416 с.

26. Машины и аппараты химических производств. Под ред. д-ра техн. наук, проф. И. И. Чернобыльского. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1974. - 456 с. Авт.: И. И. Чернобыльский, А. Г. Бондарь, Б. А. Гаевский, С. А. Городинская, Р. Я. Ладиев, Ю. М. Тананайко, В. Т. Миргородский.

27. Абсорбция газов [Текст] / В. М. Рамм. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Химия, 1976. - 655 с. : ил.; 22 см.

28. Основи охорони праці/ [Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.В. та ін.]; під ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. —[2 – е вид.]. — Київ: Основа, 2006. – 448 с.

29. Гайдамак К.М., Тыркин Б.А. Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности Москва "ВЫСШАЯ ШКОЛА" 1974 г., стр. 286.

30. РД 50-33-80 Методические указания. Определение уровня унификации и стандартизации изделий.

31. Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О. Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437..>

32. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		132

інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

33. Standard Management Systems QUALITY MANAGEMENT Textbook for students and post-graduate students on specialty 131 "Applied mechanics"/ S. Fomichov, A. Banin, I. Skachkov, V. Lysak, O. Gaievskiy, N. Yudina, Kiev: KIM, 2018 – P. 266.

34. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проекту акад. НАН України М. З. Згуровський // Міжнародна рада з науки (ICSU); Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. — Київ : НТУУ «КПІ», 2015. — 136 с. ISBN 978-966-622-716-7.

35. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society // Marketing and Management of innovations. – 3’2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.

					ЛН81мп.65111.000ПЗ	Арк.
						133
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		